

๕๕๗.๔๘๓

๓๒๔๙ ๗

๖.๒

การศึกษาการตกตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยา จากบางไทรถึงสันดอน โดยพิจารณาจาก
ตะกอนน้ำพา อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และความเค็มจากน้ำทะเล

ปริญญาโท

ของ

สุรภี เติ๋นบุญกุล

THE LIBRARY
COLLEGE OF EDUCATION
BANGKOK, THAILAND

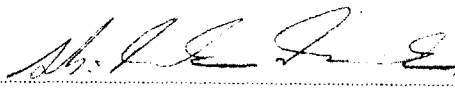
21 ก.ค. 18

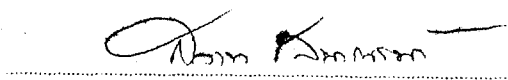
เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

7 มีนาคม 2518

๒๖๐๖๐

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิติได้พิจารณาปัญหานี้พบว่ามี
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้.

 ประธาน

 กรรมการ

7 มีนาคม 2518

ประกาศคุณูปการ

ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ อาจารย์ ดร.ประเสริฐ วิทยารัฐ และ
รองศาสตราจารย์สว่าง เสนาณรงค์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ขอดิเคเห็น และตรวจแก้ไขข้อ
บกพร่องต่าง ๆ จนทำให้การศึกษาค้นคว้าสำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณ ร.ท. วิเชียร มณีฉาย หัวหน้าฝ่ายการร่อนน้ำ การท่าเรือแห่ง-
ประเทศไทย คุณโรจน์ สุรเมฆ หัวหน้ากองสำรวจร่อนน้ำ คุณวิชาญ จันทนนิษฐ์
หัวหน้าหมวดสถิติร่อนน้ำ ว่าที่ ร.ต.ณัฐ รุ่งเรือง หัวหน้าหมวดวิเคราะห์ ที่ได้กรุณาให้
ความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ คุณสำราญ โหมคเทศ
หัวหน้าสายสำรวจปากน้ำ คุณเฉลิม สิงหนุต หัวหน้าสายสำรวจบางไทร ที่ได้ให้ความร่วมมือ
ในการศึกษาค้นคว้าขุด ขอขอบคุณ คุณศรีประไพ เปลี่ยนอนุกุล ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ
ในด้านการรวบรวมขุด

สุดท้าย ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง ต่อ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้ความสนับสนุนและ
ให้กำลังใจในการศึกษาของผู้เขียนตลอดมา.

สุรภี เปลี่ยนอนุกุล

สารบัญ

บท	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาครั้งนี้	3
สมมุติฐานในการศึกษาครั้งนี้	3
ความสำคัญของการศึกษา	3
ขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้	4
หลักเกณฑ์ในการเลือกบริเวณที่ศึกษา	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2 เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	6
3 วิธีดำเนินการศึกษาครั้งนี้	19
แหล่งข้อมูล	19
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	19
การจัดกระทำกับข้อมูล	19
การวิเคราะห์ข้อมูล	20
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	20
4 โครงสร้างของแม่น้ำเจ้าพระยาในบริเวณที่ศึกษา	21
5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	26
ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	
กับปริมาณการตกตะกอนที่ร่องน้ำสันดอน	26
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ ปริมาณน้ำ	
และตะกอนน้ำพา	29

บทที่	หน้า
ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็ม (salinity) กับปริมาณน้ำ	42
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกตะกอนกับความเค็ม	53
6 อภิปรายผลการค้นคว้า	54
อภิปรายผล	54
ขอทบทวนองค์ความรู้ในการศึกษาค้นคว้า	60
ขอเสนอแนะในการวิจัยต่อไป	60
บรรณานุกรม	62
ภาคผนวก	66

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
5.1 แสดงความสัมพันธ์ของอัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและที่บางไทร	39
5.2 แสดงความสัมพันธ์ที่เกิดจากอัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา ระหว่างปากแม่น้ำเจ้าพระยากับบางไทร	42
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของความเค็มตามแนวนอน กับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและที่บางไทร	45

บัญชีกราฟ แผนที่ บัญชีรูป

กราฟ	หน้า
2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วและปริมาณน้ำของระบบ แม่น้ำมิตซึชิมะ - เยลโดสโตน - มิสซูรี	14
2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับความลึกของลำน้ำ	15
2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและความเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	18
4.1 แสดงพื้นที่หน้าตัดทางโทร (กิโลเมตร 112) ในแม่น้ำเจ้าพระยา	24
4.2 แสดงพื้นที่หน้าตัดปากแม่น้ำเจ้าพระยา (กิโลเมตร + 1)	25
5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับปริมาณน้ำที่ ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	31
5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพากับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	32
5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับตะกอนน้ำพา ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	33
5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับปริมาณน้ำที่บางไทร	36
5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพากับปริมาณน้ำที่บางไทร	37
5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับตะกอนน้ำพา ที่บางไทร	38
6.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับปริมาณน้ำ ที่แม่น้ำพาวเคอร์ จากการศึกษาของลีโอโพล และ แมคค็อค	56
6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพากับปริมาณน้ำของแม่น้ำพาวเคอร์ จากการศึกษาของลีโอโพลและแมคค็อค	56
 แผนที่	
4.1 แม่น้ำเจ้าพระยา ปากน้ำถึงบางไทร	23
 รูป	
2.1 แสดงบริเวณต้นคอนทัมการตกตะกอนและบริเวณที่ตะกอนถูกพัดพาไป	16

ภูมิหลัง

แม่น้ำเป็นทรัพยากรที่นำน้ำจากภาคพื้นทวีปไหลลงสู่ทะเลและมหาสมุทร และเป็นเส้นทางสำคัญในการ เคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการ พังทลาย (weathering) ในแหล่งที่อยู่อาศัย เนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำสายใหญ่ของประเทศไทย จึงมีบทบาทสำคัญในการ ขนย้ายตะกอนที่ถูกน้ำพัดพาจากบริเวณต้นน้ำเป็นปริมาณที่มาก ๆ ยิ่งมีการทำลายต้นน้ำลำธารมากขึ้นเพียงไรก็จะมี การพังทลายของดินเพิ่มขึ้นเท่านั้น ซึ่งเป็นผลให้เกิดตะกอนมากขึ้น นอกจากนี้ องค์ประกอบอื่น ๆ ที่ทำให้การพังทลายของดินมากขึ้นหรือน้อยขึ้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนและชนิดของพืชพรรณธรรมชาติที่ปกคลุมดินในบริเวณนั้นด้วย ในบางบริเวณที่มีหินบางชนิดที่ผุพังได้ง่าย เมื่อถูกชะล้างโดยน้ำก็จะมีเศษหินที่เกิดจากการ พังทลายไหลไปกับลำน้ำนั้น การตกทับถมกันของวัตถุต่าง ๆ ที่ไหลมาตามลำน้ำนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ นั้น ๆ ด้วย วัตถุที่มีขนาดใหญ่จะไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ไกลนักกับวัตถุหรือตะกอนที่มีขนาดเล็กกว่าที่สามารถเคลื่อนย้ายไปตามลำน้ำได้ในระยะทางไกลกว่า ตะกอนต่าง ๆ เหล่านี้จะตกทับถมกันจนเป็นที่ราบ ที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยาเป็นที่ราบที่เกิดจากการทับถมของตะกอน โดยตกทับถมลงในแอ่งเจ้าพระยา

โครงสร้างของแอ่งเจ้าพระยาเริ่มในตอนปลายของยุคเทอร์เชียรี เป็นแอ่งทรุดตัวอยู่ระหว่างทวีปเอเชียกับออสเตรเลีย ทำให้แผ่นทะเลท่วมเข้าไปลึกภายในจนถึงแนวกันน้ำไทยซึ่งในยุคนั้นอยู่แถวจังหวัดอุตรดิตถ์ บริเวณลุ่มราบเจ้าพระยาทั้งหมดอยู่ใต้น้ำทะเลตลอดเวลา ตั้งแต่ยุคควาเทอนาเรียมาจนถึงปัจจุบัน แอ่งเจ้าพระยาก็ได้รับสิ่งตกจมที่น้ำพัดพามาทับถมจากที่สูงอยู่ตลอดเวลา แม่น้ำลำธารตอนล่างก็เริ่มไหลช้าลง ๆ เพราะตอนต้นน้ำเริ่มผุพังช้าลง และใต้ท้องพื้นน้ำก็มีสิ่งตกตะกอนทับถมสูงขึ้น ๆ จนในที่สุดเคยสูงเหนือระดับน้ำ กลายเป็นที่ราบสามเหลี่ยมปากน้ำที่กว้างขวางที่สุดของประเทศซึ่งได้เห็นในปัจจุบันนี้ (สวาท เสนาณรงค์ 2516 : 54) ที่ราบนี้ประกอบด้วยดินที่ใช้อย่างดี จึงเป็นบริเวณที่มีความเหมาะสมทั้งการ เกษตรกรรม

และประชากร เนื่องจากเป็นที่ราบโดยตลอดจึงมีการคมนาคมสะดวกที่สุด ที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยา มีความยาวจากที่สูงทางเหนือจนถึงอ่าวไทยประมาณ 300 ไมล์ จากตะวันออกไปถึงตะวันออกประมาณ 100 - 150 ไมล์ แบ่งออกเป็นเขตใหญ่ ๆ 2 เขตด้วยกัน คือ ที่ราบลุ่มน้ำตอนล่าง (Bangkok Plain) และที่ราบตอนบนและที่ราบชายขอบล่าง (Upper Plain and the Marginal Plain) (Pendleton, 1962 : 35)

พื้นที่บริเวณที่ราบตอนล่างหรือบางที่เรียกว่าบริเวณดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ ประกอบด้วยการทับถมกันหนาแน่น และยังมีการทับถมอยู่ตลอดเวลา โดยจะเห็นได้จากการที่เกิดขึ้นสันดอนขึ้นตรงบริเวณปากแม่น้ำอ่าวไทย ซึ่งออกสู่ทะเลจำเป็นต้องมีการขุดลอกกันทุกปี เพื่อรักษาร่องน้ำให้ลึกให้เรือเดินสมุทรเข้ามาเทียบท่าที่กรุงเทพมหานครได้ บริเวณที่ราบลุ่มน้ำเจ้าพระยานี้เป็นบริเวณที่พองน้ำขึ้น น้ำไหลช้าทำให้เกิดการตกตะกอนไต่ตม เกิดเกาะกลางน้ำหรือสันดอนขึ้น และน้ำก็จะเปลี่ยนทางเดินอยู่เสมอเพราะไหลไม่สะดวก (สวท เสนาณรงค์, 2516 : 34)

ยอดของที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำอยู่ในบริเวณฉะเชิงเทรา เป็นที่ซึ่งแม่น้ำเริ่มแตกเป็น 2 สาย มีแม่น้ำไหลแยกออกไปคือแม่น้ำสุพรรณ ตอนปลายของแม่น้ำนี้เรียกว่าแม่น้ำท่าจีน ไหลลงมาทางใต้จนออกอ่าวไทยใกล้กับสมุทรสาคร ใกล้ ๆ กับอยุธยาแม่น้ำปากสักไหลมารวมกับแม่น้ำเจ้าพระยา โดยมีต้นน้ำจากเทือกเขาเพชรบูรณ์ ความลาดชัน (slope) ของที่ราบดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำมีความราบเรียบมาก ที่ยอดของเทือกเขาซึ่งห่างจากอ่าวไทยประมาณ 200 กิโลเมตร มีความสูงประมาณ 15 เมตร จากระดับน้ำทะเล (NEDECO, 1965 : 16)

* ที่ราบลุ่มน้ำตอนล่างเป็นที่ราบที่เกิดจากการพัฒนาอย่างแท้จริง โดยเริ่มจากลพบุรี ประมาณ 85 ไมล์จากชายฝั่งทะเล ที่ราบนี้ยังคงขยายลงมาจากใต้เรื่อย ๆ เมื่อมีการพัฒนาของตะกอนพื้นดินขยายออกไปสู่ทะเลในอัตราประมาณปีละ 15 - 20 ฟุตต่อปี จากชายฝั่งทะเลออกไปประมาณ 1 ไมล์ มีสันดอนที่มีลักษณะค่อนข้างแบนราบเกิดขึ้น ซึ่งเกิดจากถูกคลื่นโดยมีลมในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดแรง ถูกคลื่นเหล่านี้ทำให้เกิดสันทราย (offshore bar) ซึ่งกั้นระหว่างทะเลสาบน้ำเค็ม (lagoon) กับทะเลภายนอก เมื่อน้ำจืดจากแม่น้ำผสมกับน้ำเค็มจากทะเลตะกอนที่ละเอียดจะตกในแอ่งนี้และทับถมกัน (Pendleton, 1962 : 37)

การศึกษาคงการตกตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยาครั้งนี้ ผู้เขียนได้เลือกพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ เพียง 4 อย่างเท่านั้น คือ ตะกอนน้ำพา อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และความเค็มจากน้ำทะเล

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา กับปริมาณการตกตะกอนที่ร่องน้ำสันดอน
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ในเรื่อง อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา ระหว่างบางไทรและปากแม่น้ำเจ้าพระยา โดยกำหนดความบางไทรเป็นบริเวณเหนือลำน้ำ (upstream) และปากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นปลายลำน้ำ (downstream)
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการตกตะกอน ปริมาณน้ำ กับการกระจายของความเค็มจากน้ำทะเล

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

1. ตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์กับตะกอนที่ตกในร่องน้ำสันดอน
2. อัตราความเร็วเฉลี่ย ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา ที่บางไทรและที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์กันในทางบวก
3. การกระจายของความเค็มจากน้ำทะเล น่าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ไหลผ่านในบริเวณพื้นที่ภาคในบริเวณเหนือลำน้ำที่บางไทร และที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา
4. ปริมาณการตกตะกอนน่าจะมีสัมพันธ์กับการกระจายของความเค็มจากน้ำทะเล

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ทราบว่าตะกอนน้ำพามีการตกตะกอนที่ร่องน้ำสันดอนมากน้อยเพียงใด
2. ทำให้ทราบถึงลักษณะความแตกต่างของอัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา ระหว่างบางไทรและปากแม่น้ำเจ้าพระยา
3. เพื่อทราบว่า การตกตะกอนมีความเกี่ยวข้องกับน้ำขึ้นหรือไม่ว่า และเพื่อทราบว่า

ยานำขนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัด (cross-section) ที่บางใด
ซึ่งเป็นบริเวณเหนือลำน้ำ และที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยามากน้อยเพียงใด

4. การวิจัยนี้อาจเป็นประโยชน์ในการศึกษาคนควาในท่านองนี้ต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาคนควา

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้เขียนได้ศึกษาแม่น้ำเจ้าพระยาเฉพาะบริเวณของแม่น้ำโดยมี
ขอบเขตดังนี้

1. ศึกษาเฉพาะบริเวณตั้งแต่บางโพธิ์ ถึงสถานีรถไฟ 112 จนถึงต้นคอนกรีตสถานีรถไฟ - 18
2. ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลในปี 2513 - 2516

เกณฑ์ในการเลือกบริเวณศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้มีเกณฑ์ในการเลือกบริเวณศึกษาดังนี้

1. เป็นบริเวณที่แม่น้ำเจ้าพระยาเริ่มไหลเป็นลำน้ำสายเดียวอย่างแท้จริง
2. บริเวณศึกษาเป็นบริเวณที่มีการตกตะกอนมีความสำคัญ และเป็นบริเวณที่สามารถวัดจำนวนตะกอนของแม่น้ำที่ไหลลงมาจากต้นน้ำได้ เพราะเป็นตอนปลายของลำน้ำ
3. บริเวณท่าเรือคลองเตย ปากแม่น้ำ และต้นคอนกรีต การตกตะกอนมีความสำคัญทั้งทางธรรมชาติและทางเศรษฐกิจ
4. เป็นแม่น้ำที่มีความสำคัญที่สุดในประเทศไทย และในช่วงนี้แม่น้ำมีการทับถมของตะกอนจนทำให้เกิดที่ราบที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ
5. เป็นบริเวณที่มีข้อมูลพอเพียงในการทำการศึกษาค้นคว้าได้

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. ตะกอน (sediment) หมายถึงวัตถุหรือสารที่ถูกพัดพาโดยน้ำหรือลมจนเป็นวัตถุชิ้นเล็กและตะกอนหรือแขวนลอยในท้องน้ำ
2. ตะกอนน้ำพา (suspended sediment) หมายถึงวัตถุหรือชิ้นสารที่ถูกพัดพาโดยน้ำหรือลมจนเป็นวัตถุชิ้นเล็กและแขวนลอยไปตามลำน้ำ โดยไม่ตกจมลงในท้องน้ำ

3. อัตราความเร็วเฉลี่ย (mean velocity) หมายถึงค่าเฉลี่ยของอัตราความเร็วตลอดหน้าตัดในบริเวณที่ศึกษา

4. ปริมาณน้ำ (discharge) หมายถึงปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านบริเวณพื้นที่หน้าตัดต่อหนึ่งหน่วยเวลา

5. ความเค็ม (salinity) หมายถึงความเข้มข้นของเกลือ ในที่นี้ ความเค็มวัดได้จากน้ำทะเลที่ไหลเอ่อเข้ามาในแม่น้ำเจ้าพระยา

6. ย่านน้ำขึ้น หมายถึงบริเวณที่อยู่ในช่วงน้ำทะเลขึ้นและลง บริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่มีการผสมผสานกันระหว่างน้ำเค็มและน้ำจืด

7. บางไพร หมายถึงบริเวณกิโลเมตร + 112 ของแม่น้ำเจ้าพระยา

8. ปากแม่น้ำเจ้าพระยา หมายถึงบริเวณตอนปลายของลำน้ำทะเลออกสู่อ่าวไทยในการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลที่ได้จากบริเวณกิโลเมตร + 1 ของแม่น้ำเจ้าพระยา

9. ร่องน้ำสันดอน (Bangkok Bar channel) หมายถึงร่องน้ำที่อยู่ในบริเวณตั้งแต่กิโลเมตรที่ 0 ออกไปในอ่าวไทยจนถึงกิโลเมตรที่ - 18

10. สันดอน (Sand Bar) หมายถึงบริเวณที่มีตะกอนที่กระแสน้ำพัดพามาตกทับถมสะสมไว้มากจนเกิดเป็นสันหรือที่ตื้น ในที่นี้กำหนดขอบเขตถึงกิโลเมตรที่ - 18 ตามแนวร่องน้ำสันดอน.

เอกสาร และการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

วอลเตอร์ บี แลงเบิน (Walter B. Langbein) และ เอส เอ ชัมม์ (S.A. Schumm) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกอนและปริมาณน้ำไหล (runoff) รวมทั้งความสัมพันธ์ที่ควบคุมปริมาณน้ำไหลซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และพืชพรรณธรรมชาติ ที่ปกคลุมอยู่ ได้พบว่า ความเข้มข้นของตะกอนน้ำพาจะลดลงเมื่อมีปริมาณน้ำ (discharge) เพิ่มขึ้น และปริมาณตะกอนต่อหน่วยพื้นที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของพืชพรรณธรรมชาติ (Dury, 1969 : 21)

ชัมม์ (Schumm) ได้แบ่งลักษณะของลำน้ำแบบ alluvial channels ออกตามลักษณะการพังทลายและการทับถม โดยแบ่งออกเป็น 3 แบบด้วยกัน คือ

1. ลำน้ำแบบตะกอนน้ำพา เป็นลำน้ำที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกต่ำกว่า 7 มีความคดโค้ง (sinuosity) มากกว่า 2.1 ความลาดชันค่อนข้างราบเรียบ การทับถมมีตามบริเวณชายฝั่งทำให้ลำน้ำแคบเข้า มีการพังทลายบริเวณท้องน้ำ มีตะกอนน้ำพา 85 % ตะกอนท้องน้ำ 15 %

2. ลำน้ำแบบตะกอนผสม เป็นลำน้ำที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกระหว่าง 7 - 25 ความคดโค้งระหว่าง 1.5 - 2.1 ความลาดชันปานกลาง มีการทับถมบริเวณชายฝั่งและท้องน้ำ มีการพังทลายในบริเวณท้องน้ำ แม่น้ำมีความกว้างเพิ่มขึ้น มีตะกอนน้ำพา 65 % ตะกอนท้องน้ำ 35 %

3. ลำน้ำแบบตะกอนท้องน้ำ เป็นลำน้ำที่มีอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกมากกว่า 25 ขึ้นไป ความคดโค้งน้อยกว่า 1.5 ความลาดชันค่อนข้างปานกลาง มีการทับถมท้องน้ำและมีเกาะกลางน้ำ ลำน้ำจะขยายออกในทางกว้าง มีการพังทลายบริเวณท้องน้ำเพียงเล็กน้อย มีตะกอนน้ำพา 30 % และตะกอนท้องน้ำ 70 % (Dury, 1969 : 22)

ฮอดจิ้นส์ (Hodgins) ได้ศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานของแม่น้ำสัสแคตเชวัน (Saskatchewan) ทางตอนใต้ และได้พบว่าเกิดจากความสัมพันธ์อย่างสลับซับซ้อนระหว่าง-

การกระทำของน้ำ, ชารน้ำแข็ง, และวัตถุที่อยู่พื้นผิว ในช่วงที่มีธารน้ำแข็งแม่น้ำได้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมาจนจะมีลักษณะเช่นในปัจจุบัน ซึ่งทำให้เกิดร่องน้ำและการทับถมของตะกอนอยู่ทั่วไป ลุ่มน้ำในปัจจุบันมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงในเรื่องความกว้าง เทอเรส (terrace) ความลาดชัน มีการพังทลาย ลำน้ำมีลักษณะเบรคคิง (braiding) เกิดเกาะกลางน้ำและทรายน้ำท่วมถึง ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้เกิดจากความแตกต่างกันในเรื่องความต้านทานต่อการถูกทำให้พังทลายของวัตถุในทางชันและท้องน้ำของลำน้ำ และอิทธิพลของตะกอนที่ทับถมทางใต้ของแม่น้ำ (Hodgins, 1971 : 369 B)

น็อกซ์ (Knox) ได้ศึกษาในเรื่องการจัดและการปรับตัวของลำน้ำในรัฐวิสคอนซิน และได้พบว่า

1. ลุ่มน้ำที่ทำให้เกิดตะกอนที่หยาบ และเกิดตะกอนที่เป็นทรายเป็นจำนวนมาก ทำให้ลำน้ำกว้างขึ้น ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะทำให้การเคลื่อนย้ายของตะกอนคงที่
2. อัตราการเปลี่ยนแปลงในความกว้างของลำน้ำที่ถึงจุดสูงสุด (maximum) ทำให้เกิดตะกอนท้องน้ำในตอนปลายลำน้ำเป็นจำนวนมาก
3. อัตราการเปลี่ยนแปลงของความลึกที่ถึงจุดสูงสุด จะทำให้เปอร์เซ็นต์ของตะกอนท้องน้ำในจำนวนตะกอนทั้งหมดลดลงเมื่อยิ่งเข้าไปใกล้ปากน้ำ (Knox, 1970 : 3473 B)

เออเทิล (Oertel) ได้ศึกษาการตกตะกอนในบริเวณปากน้ำของแคปโคบอย (Doboy Sound) ในรัฐออร์เจีย และพบว่ามืองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ลม, คลื่น ทำให้เกิดกระแสแบบมีทิศทางเข้าสู่ฝั่ง (onshore current) และแบบที่มีทิศทางขนานกับชายฝั่ง (longshore current) ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการไหลของน้ำในบริเวณที่ศึกษา การปะทะกันของกระแสทั้งสอง และมีตะกอนถูกพัดพามากับกระแสแบบที่มีทิศทางขนานกับชายฝั่ง ทำให้เกิดเนินหรือสันของตะกอนใต้น้ำในบริเวณปากน้ำ ในระยะฤดูร้อนจะมีการเคลื่อนย้ายของตะกอนในระบบปิด (closed system) ในบริเวณเนินหรือสันของตะกอนใต้น้ำเหล่านี้สรุปได้ว่าการศึกษาการตกตะกอนในบริเวณปากแม่น้ำและบริเวณเนินหรือสันตะกอนนั้นเป็นผลมาจากคลื่นและกระแส (Oertel, 1971 : 2800 B)

ออสต์แดม (Oostdam) ได้ทำการศึกษาการเคลื่อนย้ายของตะกอนในอ่าวเคลลาแวร์

พบว่าตะกอนน้ำพาในอ่าวมีความเข้มข้นโดยเฉลี่ย 30 พี.พี.เอ็ม ความเข้มข้นนี้จะแปรผันกลับ กับอุณหภูมิและมีสหสัมพันธ์แบบล่าช้า (lagged correlation) กับกระแสน้ำ นั่นคือ กระแสน้ำจะมีผลต่อการตกตะกอนหลังจาก 30 นาทีหรือ 1 ชั่วโมงไปแล้ว และกับปริมาณน้ำ ประมาณ 15 วัน ตะกอนน้ำพาส่วนใหญ่เป็นพวก silt และ clay และมาจากแม่น้ำ เคลลาแวร์ เป็นส่วนใหญ่ ในการศึกษาอัตราการเคลื่อนย้ายซึ่งคำนวณจากความเข้มข้นของตะกอน และจากเครื่องมือวัดกระแสน้ำพบว่า ตะกอนจะเคลื่อนย้ายไปยังทะเล โดยผ่านปากอ่าวเคลลาแวร์ ปีละ 2.9 ถึง 10×10^9 กิโลกรัม ทำให้อ่าวเคลลาแวร์มีลักษณะที่เรียกว่ามีความเปลี่ยนแปลง เพื่อให้เกิดความสมดุลอยู่เสมอ เพราะมีการถ่ายเทของตะกอนอยู่เสมอทุกปี (Oostdam, 1972 : 6477 B)

พีเคอร์สัน (Pederson) ได้ศึกษาการพังทลายและการตกตะกอนในทะเลสาบ Ashtabula พบว่าเนื้อตะกอนในทะเลสาบมี 1.5×10^9 ปอนด์ ประมาณ 5×10^8 ปอนด์ เกิดจากการพังทลายของชายฝั่ง นอกจากนั้นเกิดจากการนำเข้ามาโดยแม่น้ำเซเยนน์ (Sheyenne) คาดว่าทะเลสาบนี้จะเต็มในอีก 5 พันปีข้างหน้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการตกทับถมกันของตะกอนโดย พิจารณาจากอัตราการตกตะกอนในปัจจุบัน (Pederson, 1972 : 7177 B)

โรเบิร์ต (Robert) ศึกษาแม่น้ำ Patuxent ในรัฐแมริแลนด์ จากการศึกษา พบว่า ตะกอนน้ำพาในแม่น้ำเกิดขึ้นในช่วงที่น้ำไหลผ่านสูง ในระยะที่ทำการศึกษาคือตอนปลายฤดูใบไม้ร่วงในปี 1968 จนถึงเดือนมิถุนายน 1969 มีปริมาณน้ำประมาณ 14,000 คิวบิกเมตร ต่อตารางกิโลเมตรต่อวัน มีตะกอนน้ำพาประมาณ 344×10^6 กรัมต่อกิโลเมตรต่อปี ตะกอน น้ำพาจะมีมากที่สุดภายหลังจากเกิดพายุฝนฟ้าคะนอง ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนจะตก ทับถมกันในตอนเหนือของปากแม่น้ำ มีความหนาเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 3.1 เซนติเมตร ประมาณ 87 เปอร์เซ็นต์ของตะกอนน้ำพาทั้งหมดในแม่น้ำสายนี้ เกิดจากการกระทำทางการก่อสร้าง (Robert, 1972 : 5259 - 5260 B)

ฟูลแลม (Fullam) ได้ทำการศึกษาคะกอนท้องน้ำในแม่น้ำโคลัมเบีย การศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้อัตราการกระจายของการเคลื่อนย้ายของตะกอนท้องน้ำระหว่างเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม ปี 1968 เพื่อใช้ประกอบในการพิจารณารูปแบบของการพังทลายและการทับถมในท้องน้ำ จากแผนที่-

แสดงความลึกของท้องน้ำที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าท้องน้ำของแม่น้ำโคลัมเบียได้มีการปรับตัว และมีสภาวะการไหลของน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลง (Fullam, 1970 : 5099 B)

ลี (Lee) ได้ศึกษาปริมาณตะกอนน้ำพาในสหรัฐ โดยใช้อุปกรณ์ประมาณ 100 สาย ควบกัน ได้ข้อมูลในเรื่องตะกอนและลักษณะของอากาศในบริเวณที่ศึกษา จากการนำข้อมูลของ ปริมาณการตกตะกอนในแต่ละเค้นมาพลอตลงในกราฟกับปริมาณน้ำเฉลี่ยแต่ละเค้น พบว่า ปริมาณน้ำไหลกับการพังทลายมีความสัมพันธ์เกิดขึ้นเป็นช่วง ๆ และพบว่าอากาศเป็นตัวการสำคัญ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณตะกอน โดยเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและสถานที่ การศึกษารังนี้สนับสนุน หลักของแลง เบิน และซันม ที่กล่าวว่า อากาศประจำถิ่นและอากาศประจำฤดูมีผลต่อความเข้มข้น ของตะกอนน้ำพาและปริมาณน้ำในทุก ๆ ทาง (Lee, 1972 : 4015 B)

กอตส์ชอล์ค (Gottschalk) ได้ศึกษาถึงผลของการตกตะกอนที่มีต่อการเกิดเรือ ในอ่าวเชสพีค (Chesapeake) ตอนบน และได้พบว่าสิ่งที่มีความสำคัญที่สุดคือการตกทับถม ของตะกอนในร่องน้ำของอ่าว มีตะกอนตกมากที่สุดบริเวณที่ทำกรของการเกิดเรือ และ การกล่าวถึงมีการตกตะกอนมากเช่นนี้อีกประมาณ 50 ปีเท่านั้น ทำให้เรือจะใช้ไม่ได้ ซึ่งจะเป็น ผลเสียต่อการขนส่งสินค้าทาง เรือและโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในบริเวณนี้ ตะกอนในอ่าวนี้ ได้จากแม่น้ำหลายสายควบกัน เช่น แม่น้ำปาตูกენტ, โพโตแมค, เซเวอร์น เป็นต้น การรักษาร่องน้ำให้ยังคงใช้การได้จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง (Gottschalk, 1945 : 219 - 238)

ไรท์ (Wright) ทำการศึกษาการกระจายและการเคลื่อนย้ายของตะกอนในแม่น้ำ มิชิแกนปี เพื่อที่จะศึกษาตัวการที่มีอิทธิพลต่อของไหล จากการวิจัยทางสถิติพบว่าระดับของ แม่น้ำ กระแสน้ำ และระดับน้ำทะเล มีอิทธิพลต่อการผสมผสานกันของน้ำในบริเวณปากแม่น้ำ ความเข้มข้นของตะกอนน้ำพาผันแปรโดยตรงกับระดับของแม่น้ำ บริเวณที่มีความเข้มข้นของตะกอน สูงที่สุดนั้นอยู่ที่ชั้นบนของน้ำจืด อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการผสมผสานกันโดยการกระทำของลมและ คลื่น ทำให้น้ำจืดและน้ำทะเลคลุกเคล้ากัน จึงพบว่าความเข้มข้นของตะกอนน้ำพาในน้ำเค็มเพิ่มขึ้น สรุปได้ว่า การกระจายของของเหลวและตะกอนที่บริเวณปากน้ำของ South Pass ในแม่น้ำ มิชิแกนปีนั้นประกอบไปด้วยกระบวนการหลายอย่างควบกัน และไม่สามารถใช้กระบวนการใดกระบวนการหนึ่ง

อธิบายให้เห็นที่เพียงพอได้ (Wright, 1971 : 477 B)

คาน (Khan) ได้ศึกษาลักษณะทางมอร์โฟโลยี (morphology) ของแม่น้ำใน
หอนทกลอง โดยกำหนดให้แม่น้ำมีความยาว 100 ฟุต กว้าง 24 ฟุต และลึก 3 ฟุต เพื่อใช้
ในการศึกษา พบว่ามีปริมาณน้ำตั้งแต่ 0.1 - 0.3 คิวบิกฟุตต่อวินาที และมีความลาดชันจาก
0.001 - 0.020 คานได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาลำน้ำ 4 แบบด้วยกัน คือ

1. ลำน้ำแบบ Straight Channel ได้พบว่ามีค่าความลาดชันต่ำมาก ประมาณ
0.0047 - 0.0026 มีความเขมนของตะกอนท้องน้ำน้อยกว่า 740 พี.พี.เอ็ม. อัตราความเร็ว
น้ำน้อยมาก คือน้อยกว่า 0.84 ฟุตต่อวินาที เนื่องจากมีอัตราความเร็วต่ำ จึงไม่มีกำลังพอที่จะทำ
ให้เกิดการพังทลาย ทรายที่อยู่นี้ยังคงรักษาสภาพของลำน้ำไว้เช่นเดิม

2. ลำน้ำแบบ Meandering Thalweg Channel พบว่ามีความลาดชัน
ระหว่าง 0.0023 - 0.013 มีความเขมนของตะกอนท้องน้ำ 740 - 2180 พี.พี.เอ็ม.
ลำน้ำแบบนี้มีความโค้งแต่ไม่มากนัก มีอัตราความเร็วอยู่ระหว่าง 0.84 และ 1.53 ฟุตต่อ
วินาที

3. ลำน้ำแบบ Braided Channel จากการทดลองพบว่ามีค่าความลาดชัน
สูงมาก คือประมาณ 0.016 หรือมากกว่านั้น ความเขมนของตะกอนท้องน้ำประมาณ
3110 พี.พี.เอ็ม. มีอัตราความเร็วสูงกว่า 1.53 ฟุตต่อวินาที

ลำน้ำแบบ 2 และ 3 จะเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อสภาวะการไหลของน้ำทำให้เกิด
การพังทลายของน้ำเกิดขึ้น

4. ลำน้ำแบบ Meandering Channel จากการทดลองไม่พบว่ามีลักษณะ
ของลำน้ำแบบนี้เกิดขึ้น

จากการศึกษาของคานพบว่า ลักษณะจีโอเมตรี (geometry) ของลำน้ำขึ้นอยู่กับ
ปริมาณน้ำและความลาดชัน หรือปริมาณน้ำและความเขมนของตะกอนท้องน้ำ ความโค้งของ
ร่องน้ำลึกในลำน้ำแบบที่ 2 ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ ความลาดชัน และความเขมนของตะกอน
ท้องน้ำ อัตราส่วนความกว้างต่อความลึกของลำน้ำจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเขมนของตะกอนท้องน้ำ
เพิ่มขึ้น นอกจากนี้จากการทดลองพบว่า การเปลี่ยนจากตะกอนท้องน้ำเป็นตะกอนน้ำพา จะทำให้

ลำน้ำเปลี่ยนจากลักษณะที่มีความกว้าง, ความลึก, มีความโค้งน้อย เป็นลำน้ำที่มีลักษณะมีความลึก, แคบ และมีความโค้งมาก การราบเรียบของท้องน้ำเกิดจากการทับถมของพวกโคลนตมลงในช่องว่างระหว่างวัตถุหยาบ ๆ ทำให้ลดความต้านทานของการไหลของน้ำและเพิ่มอัตราความเร็วเฉลี่ยให้สูงขึ้น ความเร็วที่เพิ่มขึ้นทำให้การพังทลาย ท้องน้ำและมีพวกโคลนตมจำนวนหนึ่งที่ตกทับถมลงในแนวสันคดภายในลำน้ำ (Khan, 1971 : 260 B)

✕ นอกจากการศึกษาในเรื่องเกี่ยวกับตะกอนในปัจจุบันแล้ว ในสมัยแรก ๆ ก็ได้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ เช่น กิลเบิร์ต (Gilbert) เป็นผู้ที่ได้ศึกษาวัตถุในท้องน้ำโดยศึกษาในคานปริมาณวิเคราะห์ ในเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนกับปริมาณน้ำ อัตราความเร็วและความลาดชัน ประมาณศตวรรษที่ 15 ลีโอนาโด ดา วินชี ได้ยอมรับว่าแม่น้ำจะพัดพาเอาสารหรือวัตถุจากส่วนหนึ่งส่วนใดของโลก และนำไปทับถมยังที่แห่งอื่น กัทธาร์ด (Guetthard) ในศตวรรษที่ 18 ก็ได้ยอมรับว่ามีตะกอนบางส่วนที่ถูกแม่น้ำพัดพาลงสู่ทะเล, มหาสมุทร และมีส่วนหนึ่งที่ทับถมกันอยู่จนเป็นทวีป (Thornbury, 1969 : 11)

จากการศึกษาการตกทับถมของตะกอน ได้มีการแบ่งแยกออกเป็นแบบต่าง ๆ ดังนี้
ฟิสก์ (Fisk) ได้ศึกษาการตกตะกอนในแม่น้ำมิสซิสซิปปี และได้แบ่งการทับถมของตะกอนดังต่อไปนี้

1. ตะกอนหยาบ ๆ พวกกรวด มีประมาณ 45 %
2. ตะกอนที่ละเอียดกว่า มีประมาณ 55 % ตะกอนชนิดนี้ยังแบ่งออกเป็น

4 แบบ ดังนี้

- 1) ตะกอนในมินเคอร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น
 - (1) ตะกอนที่ตื้นน้ำ
 - (2) ตะกอนที่อยู่ในร่องน้ำที่เปลี่ยนทางเดินแล้ว
 - (3) ตะกอนที่ทับถม 2 ผังแม่น้ำจนเป็นคันดินธรรมชาติ
- 2) ตะกอนที่ทับถมทางคันหลังของฝั่งแม่น้ำออกไป
- 3) ตะกอนในแม่น้ำแบบ braided stream
- 4) ตะกอนที่ทับถมบริเวณคันดินคอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ

แฮพพ์ (Happ), ริทเทินเฮาส์ (Rittenhouse) และ คอบสัน (Dobson)

ได้แบ่งการทับถมของตะกอนออกเป็น 6 แบบด้วยกัน คือ

1. การตกตะกอนในร่องน้ำส่วนใหญ่เป็นตะกอนทราย
2. การตกตะกอนทางคันข้างของแม่น้ำส่วนใหญ่เป็นตะกอนน้ำพา
3. การตกตะกอนในที่ราบน้ำท่วมถึง
4. การตกตะกอนทางคันข้างของแม่น้ำ
5. Colluvial deposits

เอลเลน (Allen) ได้แบ่งการตกตะกอนดังต่อไปนี้

1. การตกตะกอนในร่องน้ำ
 - 1) การตกตะกอนของตะกอนหยาบในร่องน้ำ
 - 2) การตกตะกอนที่ channel bar
 - 3) การตกตะกอนที่ point bar
2. การตกตะกอนริมฝั่ง
 - 1) การทับถมของตะกอนทำให้เกิดคันดินธรรมชาติ
 - 2) การตกตะกอนทับถมในลักษณะแผ่กว้างและทับถมตามรอยแตกต่าง ๆ
 - 3) swale fill deposits
 - 4) การตกตะกอนทับถมในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง

(Thornbury, 1969 : 163 - 164)

นีเดคโก (NEDECO) ได้ศึกษาการตกตะกอนในแม่น้ำเจ้าพระยา ได้แบ่งชนิดของตะกอนที่เคลื่อนย้ายโดยแม่น้ำออกเป็น 3 ชนิดด้วยกัน คือ

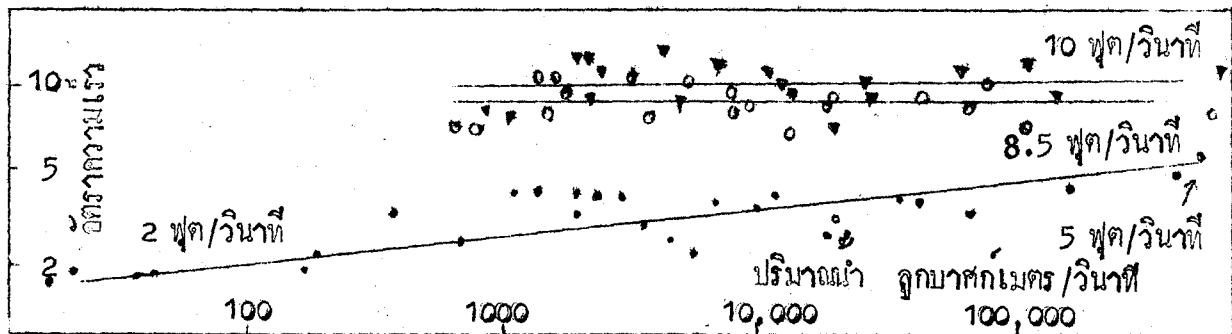
1. ตะกอนน้ำพา ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นวัตถุของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำและไม่จม เนื่องจากน้ำหนักมันเบายิ่งถูกน้ำพัดพาไป ตะกอนชนิดนี้มีขนาดเล็ก
2. ตะกอนชนิดเตล้น (saltation load) เป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่าชนิดแรก ไม่สามารถแขวนลอยอยู่ได้ ตกจมอยู่ในท้องน้ำ แต่ในบางครั้งอาจถูกแรงของน้ำทำให้ตะกอนชนิดนี้ลอยขึ้นมาอีก

3. ตะกอนท้องน้ำ (bed load) เป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ เคลื่อนที่ไปโดยกลิ้งไปหรือหมุนไปบนก้นห้วยทุกแห่ง ลอยขึ้นมาจากท้องน้ำยากเพราะมีขนาดใหญ่

นอกจากนี้ได้มีการกำหนดว่า ตะกอนน้ำพาจะอยู่ในบริเวณที่ห่างจากท้องน้ำขึ้นมา 40 เซนติเมตรขึ้นไป ตะกอนขอลจะอยู่ห่างจากท้องน้ำประมาณ 10 - 40 เซนติเมตร และตะกอนท้องน้ำจะอยู่ห่างจากท้องน้ำอย่างมาก 10 เซนติเมตร จากข้อกำหนดดังกล่าวข้างต้นในการศึกษาการตกตะกอนนั้น ตะกอนน้ำพาจึงมีความสำคัญที่สุด (NEDECO, 1969 : 41)

ในเรื่องของปริมาณน้ำ Argiello ได้ศึกษาถึงโมเดลของปริมาณน้ำ (discharge model) ในแม่น้ำมิสซิสซิปปี โดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ ใช้ตัวเลขปริมาณน้ำในปี 1939, 1945, 1959, 1965, 1966 และ 1967 จากการคำนวณปริมาณน้ำโดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ พบว่า มากกว่า 80 % ของปริมาณน้ำที่คาดหวังตรงกันกับปริมาณน้ำจริง 11 % และใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์อีกโมเดลหนึ่งใช้ในการทำนายการเคลื่อนที่ของลิ่ม ความเค็มในอ่าวนิวออร์ลีน เมื่อใช้โมเดลนี้ร่วมกับโมเดลปริมาณน้ำแล้ว ทำให้สามารถทราบได้ว่าเมื่อไรจะมีน้ำเค็มขึ้นสูง (Argiello, 1972 : 2056 B)

ลูน่า บี. ลีโอโพลด์ (Luna B. Leopold) ได้กล่าวถึงอัตราความเร็วว่า อัตราความเร็วที่ผ่านบริเวณที่พินาศโดยปกติจะเพิ่มขึ้นในทิศทางไปสู่ปลายลำน้ำนั้นอาจเปลี่ยนแปลงไปจากนี้ เนื่องจากได้พบว่า ในระบบแม่น้ำมิสซิสซิปปีซึ่งประกอบด้วยแม่น้ำเบลโลสโตน แม่น้ำมิสซูรี มีอัตราความเร็วคงที่ในทิศทางไปสู่ปลายลำน้ำ ในขณะที่อยู่ในช่วงน้ำขึ้นท่วมฝั่งในรอบ 5 ปี และ 50 ปี ดังแสดงในกราฟ



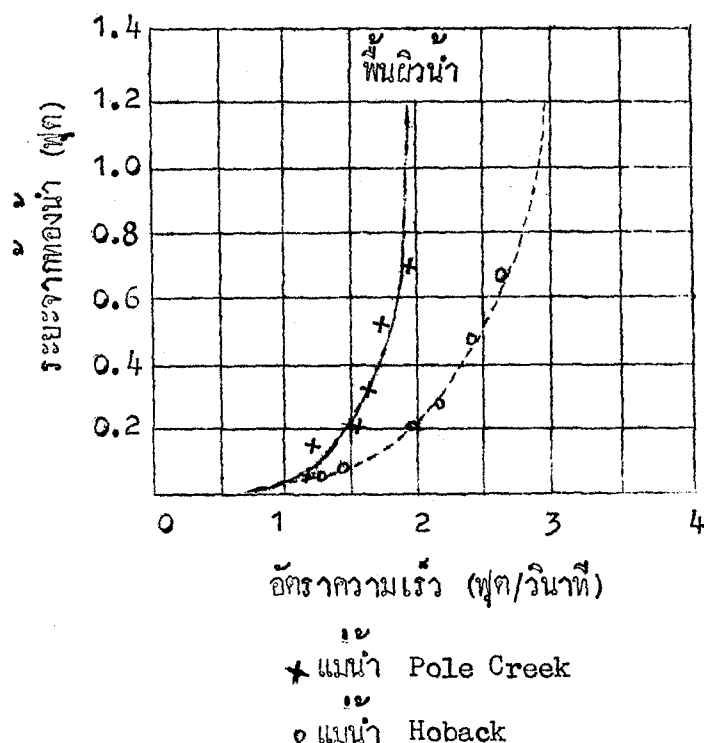
- ระบายน้ำท่วมฝั่งในรอบ 50 ปี
- ระบายน้ำท่วมฝั่งในรอบ 5 ปี
- อัตราความเร็วเฉลี่ย

กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วและปริมาณน้ำของระบบแม่น้ำ
มิสซิสซิปปี - เบลโลสโตน - มิสซูรี

การสังเกตคลองของลีโพลีนี้ แตกต่างไปจากหลักการของเควิสที่ว่า น้ำจะไหลเร็วที่สุดในบริเวณตอนต้นน้ำที่มีเกรเดียนต์ (gradient) สูงชัน โดยปกติในแม่น้ำอเมริกันมีเกรเดียนต์น้อยกว่า 3 นิ้วต่อไมล์ มีความเร็ว 8 ฟุตต่อวินาที ส่วนในแม่น้ำเบลโลสโตนมีเกรเดียนต์ 100 ฟุตต่อไมล์ และจากการศึกษาของมิลเลอร์ (Miller) ในเรื่องเกี่ยวกับลำน้ำในภูเขาสูงในนิวเม็กซิโกพบว่า มีเกรเดียนต์สูงกว่าแม่น้ำเบลโลสโตน เหตุผลที่ความลาดชันของแม่น้ำลดลงในตอนปลายของลำน้ำ เนื่องจากการรวมกันของสาขาต่าง ๆ ของแม่น้ำทำให้ขนาดของลำน้ำเพิ่มขึ้น (Dury, 1969 : 37 - 38)

ลีโพลี กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับความลึกว่า พืชน้ำจะมีอัตราความเร็วเป็นศูนย์เห็นได้จากตอไม้ขึ้นมาความเร็วจะเพิ่มขึ้น และจะเพิ่มมากยิ่งขึ้นเมื่อใกล้กับน้ำ อัตราการเพิ่มของความเร็วถูกจำกัดเมื่อมีการผสมผสานกันระหว่างน้ำที่มีความเร็วน้อย ผสมกับน้ำที่มีความเร็วกว่าที่อยู่ใกล้กับตอไม้ขึ้นไป ได้มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับความลึกของน้ำในแม่น้ำ Pole Creek และแม่น้ำ Hoback ในรัฐไวโอมิง พบว่า

ยิ่งใกล้เขื่อนน้ำจะมีอัตราการเร็วเพิ่มขึ้น และท้องน้ำจะมีอัตราการเร็ววนน้อยที่สุด ดังแสดงในภาพ

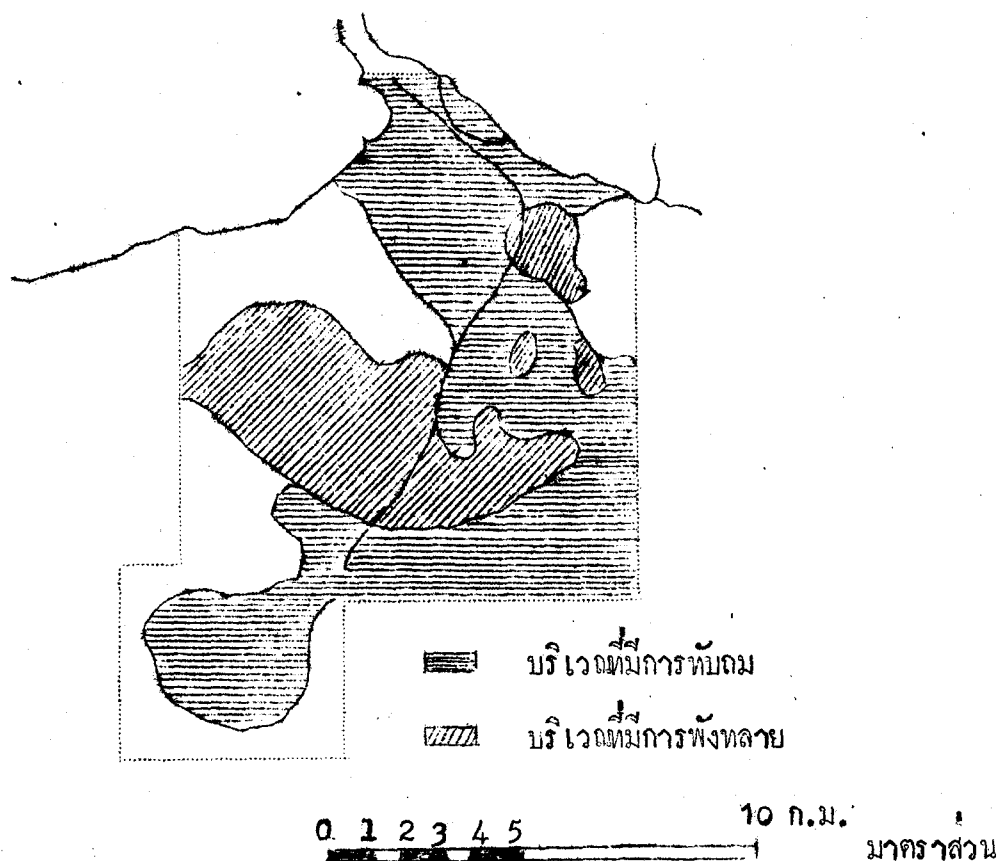


ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับความลึกของลำน้ำ

การเปลี่ยนแปลงของอัตราความเร็วกับระยะทางจากท่อน้ำ พบว่าเมื่ออัตราเร็วของน้ำ ณ จุดหนึ่งเพิ่มค่าเท่ากับค่าอัตราความเร็วเฉลี่ย ตำแหน่งของจุดนั้นประมาณ 0.6 ของความลึกจากเขื่อนน้ำถึงท่อน้ำ และระยะความลึกจากเขื่อนน้ำ 0.2 - 0.8 ของความลึก เป็นช่วงที่มีอัตราความเร็วใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของอัตราความเร็ว และดีโอโพลกล่าวไว้ว่า ตามทฤษฎีแล้ว อัตราความเร็วสูงสุดจะอยู่ที่เขื่อนน้ำซึ่งอยู่ตอนกลางของลำน้ำนั้น (Leopold, 1964 : 153 - 155)

ในการศึกษาการตกตะกอนในแม่น้ำเจ้าพระยา นี้เค็คโก (NEDECO) ได้แบ่งสันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยาออกเป็น 2 แนว คือ แนวคันตะวันตก (West Flats) และแนวคันตะวันออก (East Flats) ได้พบว่า แนวสันดอนคันตะวันออกจะมีการทับถมของตะกอน ส่วนแนวสันดอนคันตะวันตกนั้นตะกอนถูกพัดพาไปสู่บริเวณอื่น ทั้งนี้เกิดจากคลื่น, ลม และกระแสน้ำ ในฤดูแล้งตะกอนจากแนวสันดอนทางคันตะวันตกจะถูกพัดพาไปสู่แนวสันดอนคันตะวันออก แนว

จะไ้รับตะกอนในขั้วงฤดูฝนบ้าง แต่ก็มีสั้วนที่ถูกัพัฒนาไปมากกว่า สั้วหรับแนวสันคองคัานตะวันออก
ไ้รับตะกอนตกตลอดปี สั้วนใหญ่จะตกมากในฤดูฝน



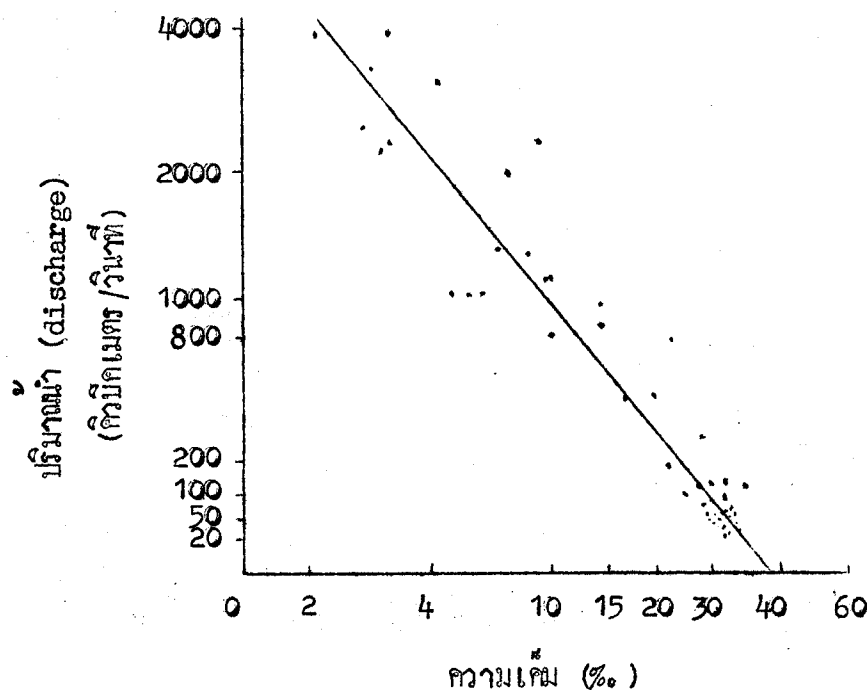
ภาพที่ 1 แสดงบริเวณสันคองที่มีการตกตะกอนและบริเวณที่ตะกอนถูกพัฒนาไป

การตกตะกอนที่สันคองนั้นเกี่ยวเนื่องกับแม่น้ำเจ้าพระยาและปรากฏการณ์ต่าง ๆ บริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งถือว่าเป็นแนวโน้มตามธรรมชาติที่ต่างกัน จะเคลื่อนที่ไปไม่ว่าตะกอนหรือน้ำ โดยไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ในภาคเหนือของโยนน้ำฝนที่ตกลงมาจะไหลลงสู่ลำธารแม่น้ำสายเล็ก ๆ แล้วไหลสู่แม่น้ำสายใหญ่ และลงสู่ทะเลในที่สุด เช่นเกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายของตะกอน ภูเขาทางเหนือจะถูกกัดเซาะพังทลายวัตถุที่มีขนาดใหญ่จะตกทับถมกันในระยะใกล้ ๆ ส่วนวัตถุที่ละเอียดกว่าจะถูกพัดพามากับน้ำ และจะทับถมลงในที่ราบ พบว่าตะกอนส่วนใหญ่ได้แก่พวก silt และ clay ปัจจุบัน ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตกตะกอนได้แก่

1. Marine forces ได้แก่ ระคน้ำทะเลในบริเวณปากแม่น้ำ ซึ่งเป็
บริเวณน้ำจืดและน้ำเค็มพบกัน

2. Meteorological forces ได้แก่ ลม คลื่น และกระแสน้ำ
ในเรื่องความเค็ม (salinity) จากน้ำทะเลที่ไหลเอ่อเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยานั้น
นี้เกิดโก กล่าวว่ามีผลต่อน้ำที่ใช้ในการชลประทานและการบริโภค มีอิทธิพลต่อกระแสน้ำ
บริเวณปากแม่น้ำและมีผลต่อการตกตะกอน สิ่งที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการควบคุมการแผ่
กระจายของความเค็มที่ปากแม่น้ำก็คือ ปริมาณน้ำจากแม่น้ำ เมื่อน้ำทะเลและน้ำจืดพบกันจะมี
การผสมผสานกัน เนื่องจากน้ำเค็มมีความหนาแน่นมากกว่า จึงมีแนวโน้มที่จะแผ่เข้ามาทางคาน-
ล่างเข้าสู่แม่น้ำมีลักษณะเป็นลิ้น ส่วนน้ำจืดจะไหลในทิศทางสู่ทะเลทางคานพื้นผิว เพราะมีความ
หนาแน่นน้อยกว่า

สตอมเมล (Stommel) ได้แบ่งการผสมผสานของน้ำเค็มและน้ำจืดออกเป็น 3 แบบ
ด้วยกันคือ แบบที่ผสมผสานกันจนแยกไม่ออก (mixed) แบบที่มีการผสมผสานกันบางส่วน
(partly-mixed) และแบบที่ยังเห็นเป็นชั้นระหว่างน้ำจืดและน้ำเค็มไว้ชัด (stratified)
การกระจายของความเค็มเข้าสู่แม่น้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้งจะเข้ามาได้ลึกมากกว่า 75 กิโลเมตร
ตามลำน้ำเจ้าพระยา ส่วนในระยะที่น้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยามากน้ำเค็มก็จะถอยร่นออกไปยัง
อ่าวไทย โดยปกติแล้ว ความเค็มจากน้ำทะเลเริ่มลดจาก 33 ‰ (กรัมต่อกิโลกรัม) ในทะเล
เป็น 15 - 25 ‰ ที่ปากแม่น้ำและจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงศูนย์ในระยะเหนือลำน้ำขึ้นไป ช่วงที่
น้ำเค็มจะเข้าสู่แม่น้ำลึกที่สุดได้แก่ช่วงที่มี high water slack ในฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงที่ระดับ
น้ำทะเลขึ้นสูงและไหลเอ่อเข้ามาในแม่น้ำได้ไกล ระดับน้ำทะเลที่ขึ้นสูงนี้จะทำให้น้ำเค็มไหล
เข้าสู่แม่น้ำในอัตรา 1.5 กิโลเมตร ต่อระดับน้ำ 0.1 เมตร



กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำและความเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

ในการศึกษาถึงการกระจายของความเค็มในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจากมีความสำคัญ 3 ประการ คือ

1. การเข้ามาของน้ำเค็มทำให้เกิดความเสียหาย เมื่อน้ำท่วมความเค็มเจือปนเข้าไปใช้ในการชลประทาน และใช้บริโภค
2. ความแตกต่างในค่าความเค็มของน้ำเค็มและน้ำจืด ทำให้มีอิทธิพลต่อกระแสน้ำในบริเวณปากแม่น้ำ
3. มีผลต่อการตกตะกอน เนื่องจากน้ำเค็มมีความหนาแน่นมากกว่าจะอยู่ด้านล่าง และเมื่อผสมกับน้ำจืด ทำให้อัตราความเร็วของน้ำลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยส่งเสริมให้มีการตกตะกอน (NEDECO, 1969 : 180 - 358)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. แหล่งข้อมูล ผู้เขียนได้ทำการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่ฝ่ายการร่อนน้ำ การทำเรือแห่งประเทศไทย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 2.1 แผนที่แม่น้ำเจ้าพระยา มาตราส่วน 1:20,000 จากฝ่ายการร่อนน้ำ การทำเรือแห่งประเทศไทย
 - 2.2 แผนที่แม่น้ำเจ้าพระยา มาตราส่วน 1:200,000 จากฝ่ายการร่อนน้ำ การทำเรือแห่งประเทศไทย
 - 2.3 สถิติ อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา ที่บางไทร และที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา
 - 2.4 สถิติ ปริมาณการตกตะกอน ที่ท่าเรือคลองเตย และที่ร่อนน้ำสันดอน
 - 2.5 สถิติความเค็มจากน้ำทะเล
 - 2.6 เอกสารงานวิจัยและสถิติจาก ฝ่ายการร่อนน้ำ การทำเรือแห่งประเทศไทย
 - 2.7 เอกสารที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ
3. การจัดกระทำกับข้อมูล
 - แบ่งข้อมูลออกเป็นรายเดือนตลอดระยะเวลา 4 ปี
 - ข้อมูล อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา ในระยะ

48 เดือน

ข้อมูล ความเค็มจากน้ำทะเล ผู้เขียนได้แบ่งข้อมูลในเรื่องของความเค็ม ออกเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ ตามแนวตั้งและตามแนวนอน โดยเริ่มจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา เข้ามายังตามแม่น้ำ ตามแนวตั้งผู้เขียนได้กำหนดเป็นระยะๆ 3 กิโลเมตร จากปากแม่น้ำ เจ้าพระยาเข้ามา ส่วนตามแนวนอนนั้นได้แบ่งข้อมูลออกตามระยะความลึก โดยเริ่มจากผิวน้ำ 2 เมตร, 4 เมตร, 6 เมตร และ 8 เมตร เพื่อศึกษาการกระจายของความเค็มจากน้ำทะเล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เป็นกราฟแสดง เป็นสมการเส้นตรง (linear equation)

2. คำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง

2.1 ตะกอนที่สันดอนกับตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

2.2 อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพาที่บางไทร และที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

2.3 ความเค็ม และปริมาณน้ำที่บางไทร และที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

2.4 ความเค็มและตะกอนที่ท่าเรือคลองเตย

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

หาค่าสหสัมพันธ์จาก

$$r = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\{N\sum x^2 - (\sum x)^2\} \{N\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

บทที่ 4

โครงสร้างของแม่น้ำเจ้าพระยาในบริเวณที่ศึกษา

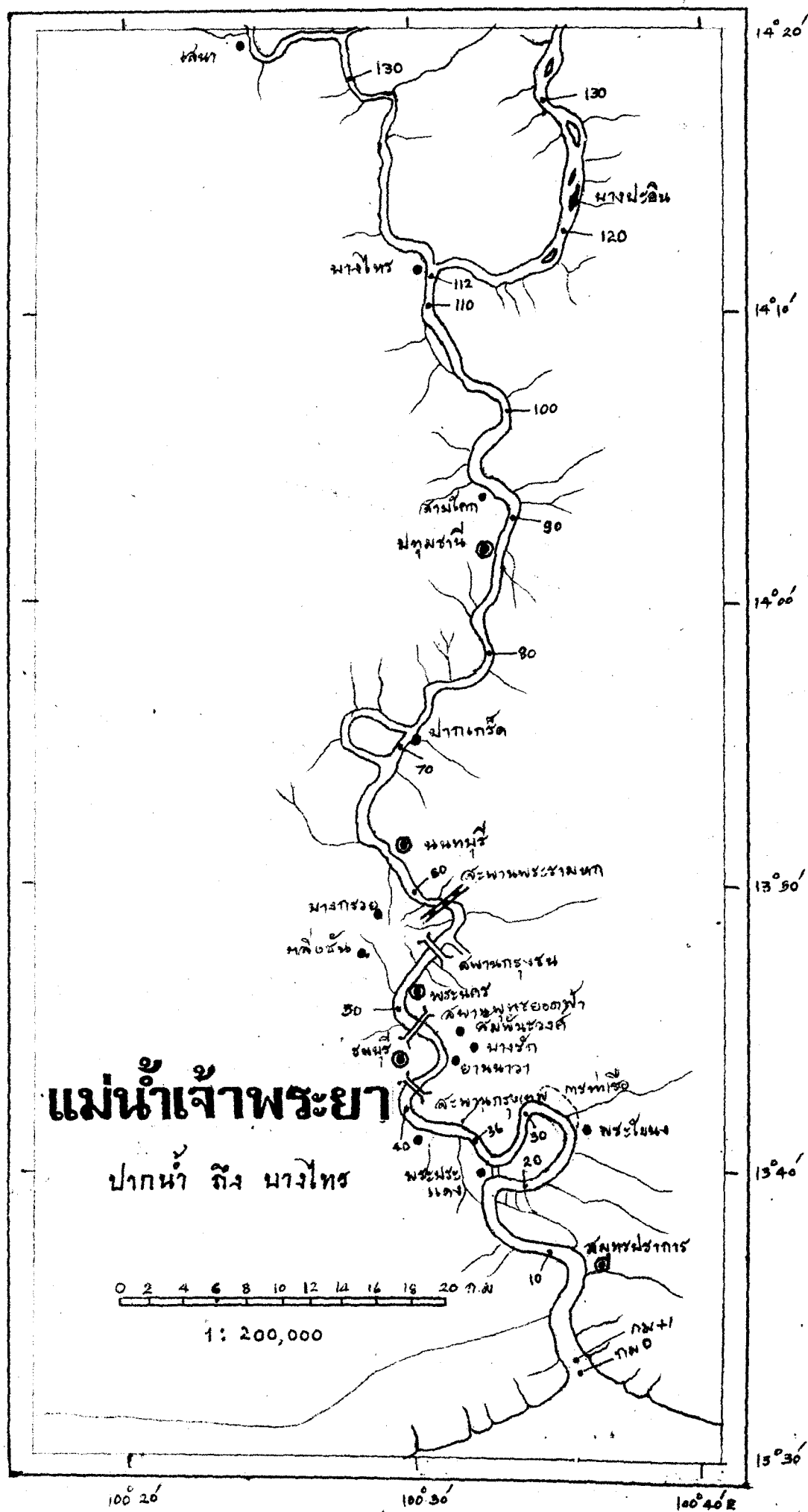
บริเวณที่ศึกษาเป็นตอนปลายของแม่น้ำเจ้าพระยา เริ่มจากบางไทรกิโลเมตรที่ 112 ลงมาตามลำน้ำจนออกสู่ปากแม่น้ำที่กิโลเมตรที่ 0 และรวมทั้งบริเวณตั้งแต่ปากแม่น้ำจนออกสู่ต้นคอนที่กิโลเมตร - 18 จากแผนที่แม่น้ำเจ้าพระยา จะสังเกตเห็นว่า แม่น้ำสาขาต่าง ๆ จะไหลมารวมเป็นสายเดียวกันที่บางไทร สาขาของแม่น้ำเจ้าพระยาไหลมาบรรจบกันครั้งแรกที่นครสวรรค์ หลังจากนั้นประมาณกิโลเมตรที่ 290 ลงมา แม่น้ำสุพรรณโคเริ่มไหลแยกออกไปประมาณกิโลเมตรที่ 270 แม่น้ำน้อยเป็นอีกสาขาหนึ่งที่ไหลแยกออกไปจากแม่น้ำเจ้าพระยา ในช่วงที่แม่น้ำสายใหญ่อยู่ทางใต้ของสิงห์บุรี มีสาขาอีก 2 สายไหลแยกไป คือแม่น้ำลพบุรี และแม่น้ำน้อย ในการรวมกันอีกครั้งที่บางไทร มีแม่น้ำป่าสักไหลเข้ามารวมอีกสายหนึ่ง

ลักษณะของลำน้ำจากบางไทรลงมามีความคดเคี้ยวมากขึ้น โดยเฉพาะตั้งแต่กิโลเมตรที่ 80 ลงมา ทั้งนี้เนื่องจากแม่น้ำไหลออกสู่พื้นที่ราบที่มีความลาดชัน (gradient) ต่ำ จึงเริ่มไหลช้าลง พบว่าประมาณกิโลเมตรที่ 70 และกิโลเมตรที่ 18 - 34 แม่น้ำมีลักษณะคดโค้งเป็นกุ่มน้ำ (meander) โดยเฉพาะที่กิโลเมตร 70 มีแนวโน้มว่าต่อไปทางเคียนของน้ำจะเปลี่ยนไป เนื่องจากลำน้ำไคแบ่งทางเคียนเป็น 2 สาย สายที่มีลักษณะเป็น loop อาจจะกลายเป็นทะเลสาบรูปแอกว (oxbow lake) และที่กิโลเมตร 18 - 34 ก็จะมีแนวโน้มไปในทางนองเดียวกัน

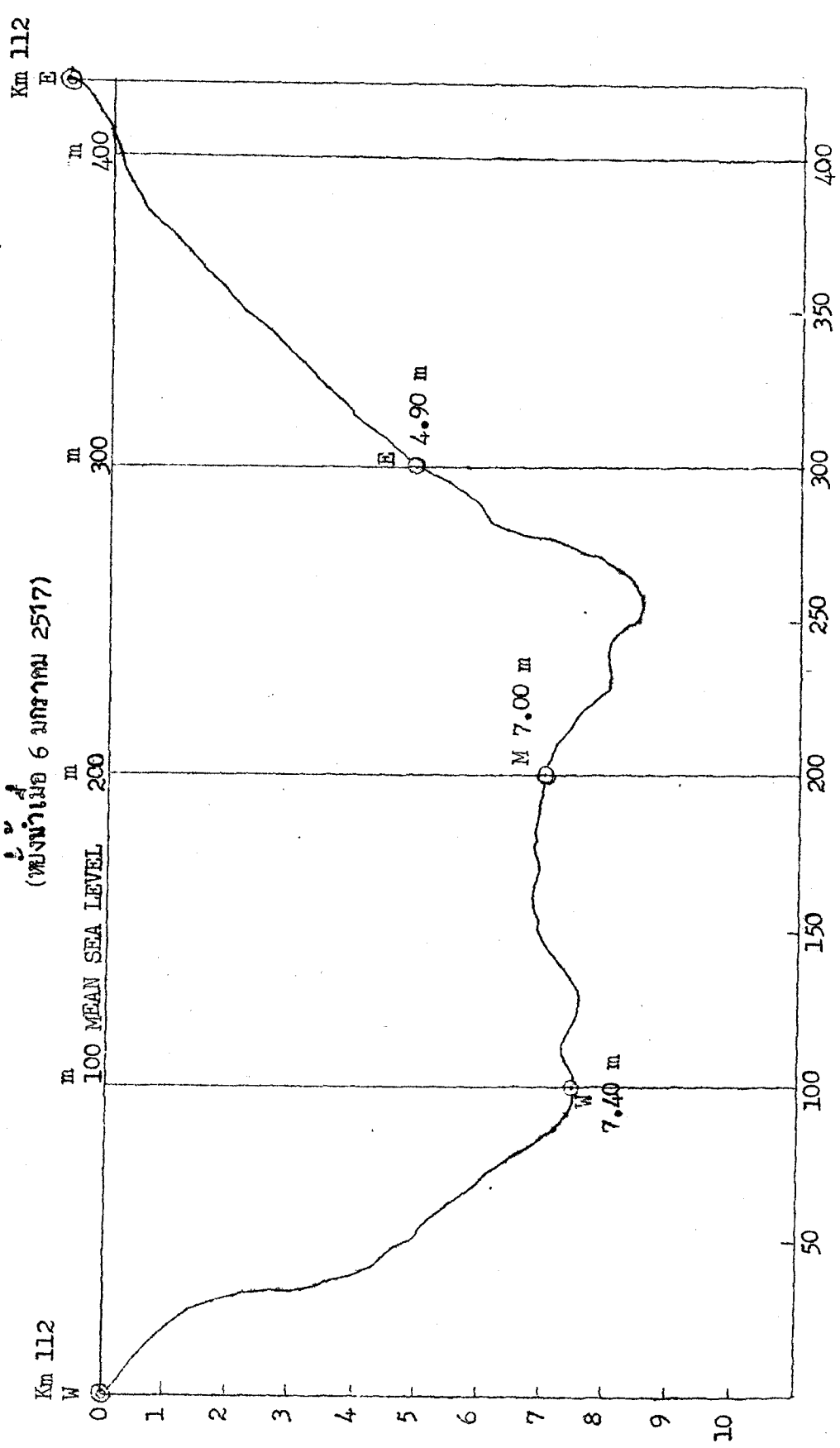
เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 1 และ 2 ซึ่งแสดงลักษณะพื้นที่หน้าตัดที่บางไทรและที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าที่บางไทรมีพื้นที่ของหน้าตัด 2088 ตารางเมตร โดยมีความกว้างจากฝั่งตะวันตกถึงฝั่งตะวันออกประมาณ 420 เมตร และมีความลึกที่จุดกึ่งกลางของลำน้ำประมาณ 7 เมตร ลักษณะของชายฝั่งด้านตะวันตกมีความชันมากกว่าด้านตะวันออก เมื่อเปรียบเทียบกับปากแม่น้ำ ปรากฏว่าปากแม่น้ำมีพื้นที่หน้าตัด 5100 ตารางเมตร แต่มีความลึกที่จุดกึ่งกลางแม่น้ำประมาณ 6.60 เมตร ทั้งนี้เนื่องจากในบริเวณนี้แม่น้ำมีความกว้างมาก และชายฝั่งด้านตะวันออกก็มีลักษณะค่อนข้างราบเรียบไม่สูงขึ้นเหมือนชายฝั่งด้านตะวันตก เมื่อห่างจากชายฝั่งทางตะวันออก

ตะวันตกประมาณ 600 เมตรขึ้นไป แม่น้ำมีความลึกเพียงประมาณ 3 เมตร เท่านั้น จุดที่มีความลึกที่สุดของปากแม่น้ำอยู่ประมาณระยะที่ห่างจากชายฝั่งทางตะวันตกออกมาประมาณ 365 เมตร มีความลึกประมาณ 9.2 เมตร

สถานที่ที่ไคตรววัดในการศึกษาครั้งนี้อยู่ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่กิโลเมตรที่ 1 , บางไทร ที่กิโลเมตร 112 และ แนวร่องน้ำสันดอนจากปากแม่น้ำจนถึงกิโลเมตรที่ - 18.

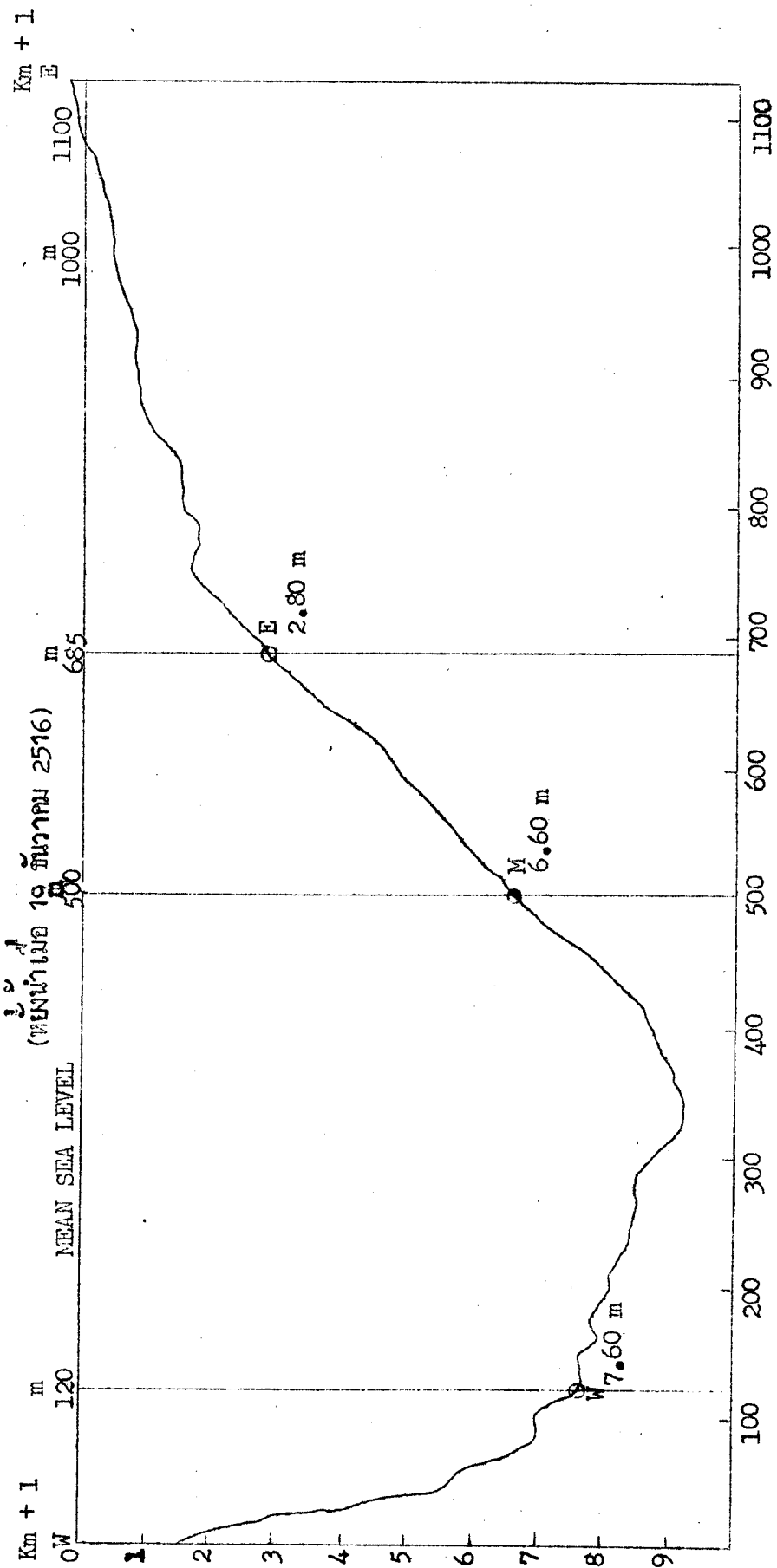


กราฟที่ 4.1 แสดงพื้นที่น้ำตื้นทางไกล (กิโลเมตร 112) ในแนวน้ำเจ้าพระยา
(พิกัดน้ำเมื่อ 6 มกราคม 2517)



ที่มา : การสำรวจแผนที่ไทย

กราฟที่ 4.2 แสดงพื้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (กิโลเมตร + 1)
 (พิกัด 19 ธันวาคม 2516)



ที่มา : การสำรวจแม่น้ำเจ้าพระยา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลได้แบ่งออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยากับปริมาณการตกตะกอนที่ร่อนน้ำสันดอน
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา
 - 2.1 อัตราความเร็วเฉลี่ย ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา
 - 2.2 อัตราความเร็วเฉลี่ย ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพาที่บางไทร
 - 2.3 อัตราความเร็วเฉลี่ย ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำกับที่บางไทร
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็ม (salinity) กับปริมาณน้ำ
 - 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ปากแม่น้ำตามแนวนอนกับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา
 - 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ปากแม่น้ำตามแนวนอนกับปริมาณน้ำที่บางไทร
 - 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ปากแม่น้ำตามแนวตั้ง (vertical) กับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา
 - 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ปากแม่น้ำตามแนวตั้งกับปริมาณน้ำที่บางไทร
4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกตะกอนกับความเค็มจากน้ำทะเล

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำกับปริมาณการตกตะกอนที่ร่อนน้ำสันดอน

จากตารางที่ 1 (ภาคผนวก) แสดงจำนวนตะกอนที่ร่อนน้ำสันดอน ได้พบว่าแต่ละเดือนอัตราตะกอนตกแตกต่างกันมาก ในปี 2513 เดือนมีนาคม มีอัตราตะกอนตกสูงสุด 30,405.225 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน รองลงมาคือเดือน กรกฎาคม 25,250.512 ลบ.ม. ต่อวัน

ในเดือนตุลาคมพบว่ามิตะกอนหายไป* 5,233.451 ลบ.ม. ต่อวัน เดือนกุมภาพันธ์ 3,360.635 ลบ.ม. ต่อวัน

เมื่อพิจารณาข้อมูลปี 2514 พบว่าเดือนที่ตะกอนตกมากที่สุดคือเดือนตุลาคม 31,381.193 ลบ.ม. ต่อวัน ซึ่งต่างจากปี 2513 ที่มีตะกอนตกมากในเดือนมีนาคม รองลงมา เดือนสิงหาคม 25,254.322 ลบ.ม. ต่อวัน เดือนกรกฎาคม 18,968.387 ลบ.ม. ต่อวัน เดือนกุมภาพันธ์ มีตะกอนตกน้อยที่สุด 4,077.448 ลบ.ม. ต่อวัน ข้อมูลในปี 2515 เดือนกุมภาพันธ์ ตะกอนตกมากที่สุด 37,025.793 ลบ.ม. ต่อวัน รองลงมาคือเดือนกันยายน 31,983.116 ลบ.ม. ต่อวัน เดือนกรกฎาคม 28,262.612 ลบ.ม. ต่อวัน เดือนที่มีตะกอนสูญหายคือเมษายน และ มีนาคม ในอัตรา 1,701.483 และ 3,729.838 ลบ.ม. ต่อวัน ตามลำดับ ข้อมูลในปี 2516 เดือนกุมภาพันธ์ตะกอนตกมากที่สุด 28,278.310 ลบ.ม. ต่อวัน รองลงมาคือเดือนมีนาคม สิงหาคม มีตะกอนตก 26,403.451 และ 23,616.129 ลบ.ม. ต่อวัน ตามลำดับ เดือนมิถุนายน ตะกอนสูญหาย 8,517.900 ลบ.ม. ต่อวัน

จากข้อมูลการตกตะกอนที่ร่อนน้ำสันดอนทั้ง 4 ปี พบว่าระยะที่มีการตกตะกอนมากมี 2 ช่วง คือ จากกรกฎาคม - ตุลาคม และจาก มกราคม - มีนาคม ในช่วงแรกมีตะกอนตกมาก ประมาณ 10,000 - 30,000 ลบ.ม. ต่อวัน (ยกเว้นเดือนกันยายน ปี 2514 มีตะกอนตก 7,235.3 ลบ.ม. ต่อวัน และเดือนตุลาคม มีตะกอนสูญหาย 5,233.451 ลบ.ม. ต่อวัน) ในช่วงที่สองการตกตะกอนอยู่ในระดับสูง เช่น ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2515 37,025.793 ลบ.ม. ต่อวัน และในเดือนมีนาคม ปี 2513 มีตะกอน 30,405.225 ลบ.ม. ต่อวัน แต่ในช่วงนี้ ตะกอนสูญหายมากกว่าช่วงที่ 1

จากตารางที่ 5 (ภาคผนวก) ข้อมูลตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ในปี 2513 เดือนกรกฎาคม มีตะกอนน้ำพามากที่สุด คือ .7252 ตันต่อวินาที เดือนสิงหาคม .7135 ตันต่อวินาที

* ตะกอนหายไป หมายความว่า มีตะกอนหายไปจากระยะมาตรฐานของร่องน้ำ ซึ่งกำหนดให้ต่ำจากระดับน้ำทะเล 8.5 เมตร ซึ่งโดยปกติจะต้องมีการตกตะกอน ทำให้อ่างน้ำมีความสูงขึ้น แต่ในเดือนที่มีตะกอนสูญหาย ร่องน้ำจะมีระดับต่ำลงจากมาตรฐานที่กำหนดไว้.

เดือนมิถุนายน .5829 คันต่อวินาที เดือนมกราคม มีตะกอนน้ำพามากที่สุด คือ 0.0308 คันต่อวินาที ในปี 2514 เดือนกันยายนมีตะกอนน้ำพามากที่สุด 0.3452 คันต่อวินาที รองลงมาคือเดือนสิงหาคม ตุลาคม .3036 และ .2029 คันต่อวินาทีตามลำดับ เดือนพฤษภาคม มีตะกอนน้ำพา .0039 คันต่อวินาที ซึ่งเป็นเดือนที่มีตะกอนน้ำพาน้อยที่สุดในเดือนเมษายน พบว่ามีตะกอนน้ำพาไหลเข้าสู่อ่าวในอัตรา .0147 คันต่อวินาที จากลักษณะการไหลที่แตกต่างกันคือ โดยปกติตะกอนน้ำพาจะไหลจากแม่น้ำออกสู่ทะเลหรืออ่าวไทย แต่บางระยะที่น้ำทะเลจะเอ่อเข้าสู่อ่าว ทำให้มีตะกอนน้ำพาจากทะเลไหลเข้าสู่อ่าว เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนที่จะเกิดขึ้น จึงกำหนดว่าในการพูดถึงตะกอนน้ำพาจากแม่น้ำไหลออกสู่ทะเลจะใช้คำว่า ตะกอนน้ำพาไหลออก และเมื่อพูดถึงตะกอนน้ำพาจากทะเลไหลเข้าสู่อ่าว จะใช้คำว่า ตะกอนน้ำพาไหลเข้า

ข้อมูลตะกอนน้ำพาในปี 2515 เดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีตะกอนน้ำพาไหลออกมากที่สุด ในอัตรา .2938 คันต่อวินาที รองลงมาคือเดือนตุลาคม, พฤศจิกายน ในอัตรา .1756 และ .1210 คันต่อวินาที เดือนที่มีตะกอนน้ำพาไหลออกน้อยที่สุดคือเดือนพฤษภาคม ในอัตรา .0021 คันต่อวินาที และได้พบว่า เดือนมีนาคมมีตะกอนน้ำพาไหลเข้าในอัตรา .0015 คันต่อวินาที ข้อมูลในปี 2516 เดือนกันยายน ตะกอนน้ำพาไหลออกสูงสุดคือ .1756 คันต่อวินาที รองลงมาได้แก่ เดือนตุลาคม พฤศจิกายน ในอัตรา .1752 และ .0700 คันต่อวินาทีตามลำดับ เดือนกุมภาพันธ์ มีตะกอนน้ำพาไหลออกในอัตราต่ำสุด .0101 คันต่อวินาที และได้พบว่าเดือนเมษายนมีตะกอนน้ำพาไหลเข้าในอัตรา .0192 คันต่อวินาที เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลทั้ง 4 ปีแล้ว พบว่าเดือนกรกฎาคม ปี 2513 มีตะกอนน้ำพาไหลออกมากที่สุด เดือนเมษายนปี 2516 เป็นเดือนที่มีตะกอนน้ำพาไหลเข้าในอัตราสูงสุด รองลงมาคือเดือนเมษายนปี 2514 และเดือนมีนาคม 2515

ตะกอนน้ำพามีการกระจายของข้อมูลค่อนข้างแน่นอน คือมักจะพบวาระยะที่มีอัตราตะกอนน้ำพาไหลจากแม่น้ำสู่อ่าวไทยมากที่สุดนั้น จะอยู่ในระยะใกล้เคียงกัน เช่นในเดือนกันยายนของทุกปี ยกเว้นปี 2513 อาจสังเกตได้ว่าตะกอนน้ำพามีแนวโน้มที่จะไหลออกสู่ทะเลมากในระยะฤดูฝน ก็คือในช่วงเดือน พฤษภาคม จนถึงตุลาคม และน้อยในช่วงประมาณ เดือนธันวาคม จนถึงเมษายน ซึ่งเป็นระยะฤดูหนาวและฤดูร้อน ในบางเดือนมีน้ำมากจนกระทั่งมีตะกอนน้ำพาจากอ่าวไทยไหลย้อนเข้ามาในแม่น้ำ เช่นในเดือนเมษายนของปี 2514, 2516

และเดือนมีนาคมของปี 2515

การตกตะกอนที่ร่องน้ำสันดอน จากข้อมูลพบว่ามีความแปรปรวนในแต่ละช่วงเวลามาก ในบางเดือนที่มีตะกอนตกมากที่สุดในปีนั้น แต่เดือนที่ถัดมากลับปรากฏว่ามีตะกอนสูญหายไป เช่น ในเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม ปี 2513 และพบว่าในปี 2514 ปรากฏว่าไม่มีตะกอนสูญหายไปแต่อย่างใด ในปี 2515 มีตะกอนตกมากและมีตะกอนสูญหายไปในระยะใกล้ ๆ กันควย ระยะเวลากการตกตะกอนไม่แน่นอน เช่นในปี 2513 เดือนกรกฎาคมเป็นเดือนที่มีตะกอนตกมากที่สุด ปี 2514 เดือนตุลาคมมีตะกอนตกมากที่สุด ซึ่งในเดือนนี้ในปี 2513 เป็นระยะที่มีตะกอนสูญหายมากที่สุดของปี ปี 2515 เดือนกุมภาพันธ์ เป็นเดือนที่มีการตกตะกอนสูงสุด และในระยะนี้ คือในเดือนมีนาคมก็ปรากฏว่ามีตะกอนสูญหายมากที่สุดควย ปี 2516 เดือนกุมภาพันธ์ตะกอนตกมากที่สุด ซึ่งเพิ่มขึ้นกับปี 2515

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา กับปริมาณการตกตะกอนที่ร่องน้ำสันดอน พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ .110 (.1095) ซึ่งแสดงว่า ตะกอนน้ำพา กับปริมาณการตกตะกอนของทั้งสองบริเวณ แทบจะไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ที่เป็นเช่นนี้อาจ เนื่องจาก ตั้งแต่บริเวณกิโลเมตร + 1 ออกไป ท้องน้ำมีความกว้างขวางมากยิ่งขึ้น ซึ่งต่างจากลักษณะของน้ำในแม่น้ำ ดังนั้นการแพร่กระจายของการตกตะกอนจึงไม่ซับซ้อนเท่าที่คิด เมื่อนำข้อมูลการตกตะกอนเฉพาะในร่องน้ำสันดอนมาหาความสัมพันธ์กับตะกอนน้ำพาจึงให้ค่าสหสัมพันธ์ต่ำ อีกประการหนึ่งก็คือความแปรปรวนในบริเวณปากแม่น้ำซึ่งเป็นลักษณะทางธรรมชาติที่ส่งผลต่อการตกตะกอน

2. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา

แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ตอนด้วยกัน คือ

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

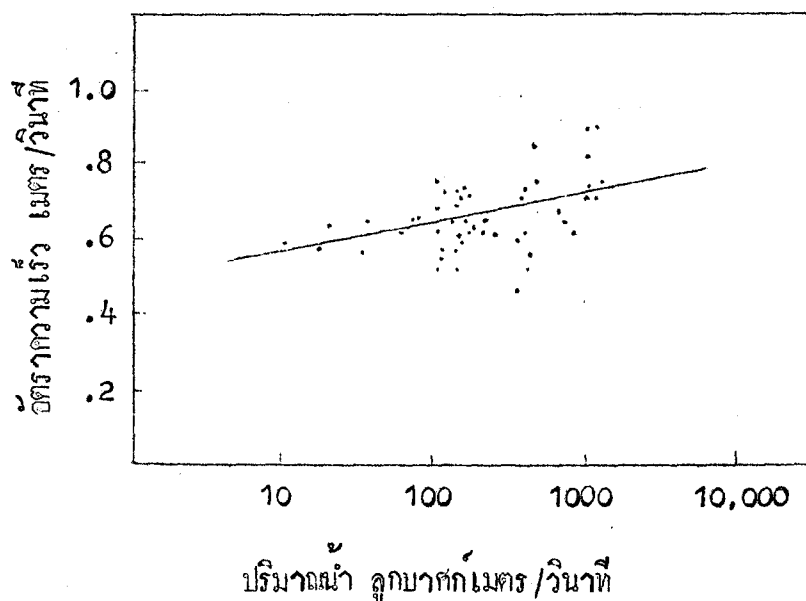
จากตารางที่ 7 (ภาคผนวก) อัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำแต่ละปี แตกต่างกันตามระยะเวลาดัง ๆ เช่นในปี 2513 ช่วงที่มีอัตราความเร็วเฉลี่ยสูง ได้แก่เดือนธันวาคม

พฤศจิกายน ตุลาคม มีอัตราความเร็วเฉลี่ย .9163, .9043, .7511, .7500 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ เดือนธันวาคมมีอัตราความเร็วเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ .5371 เมตรต่อวินาที ในปี 2514 เดือนธันวาคม มีอัตราความเร็วเฉลี่ยสูงสุด คือ .8390 เมตรต่อวินาที รองลงมาได้แก่เดือนตุลาคม และพฤศจิกายน มีความเร็ว .8023 และ .7783 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ และอัตราความเร็วเฉลี่ยที่อยู่ในเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ .6366 เมตรต่อวินาที ข้อมูลในปี พ.ศ. 2515 เดือนที่มีอัตราความเร็วสูงสุดแตกต่างจากสองปีแรก คือเดือนกันยายน ในอัตรา .6870 เมตรต่อวินาที แต่ยังมีค่าเฉลี่ยความเร็วในเดือนธันวาคมของปี 2513 เดือนมีนาคม อัตราความเร็วเฉลี่ยต่ำที่สุด .5716 เมตรต่อวินาที ในปี 2516 เดือนตุลาคม มีอัตราความเร็วเฉลี่ยสูงสุดคือเท่ากับ .7146 เมตรต่อวินาที ที่รองลงมาคือ เดือนพฤษภาคม และธันวาคม ซึ่งมีอัตราความเร็ว .6954 และ .6893 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ เดือนพฤศจิกายนมีอัตราความเร็วต่ำสุด .4775 เมตรต่อวินาที

จากตารางที่ 3 (ภาคผนวก) ข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีลักษณะการกระจายดังนี้ คือ ในปี 2513 เดือนที่มีปริมาณน้ำไหลผ่านปากแม่น้ำมากที่สุดมีค่า 2163 ลบ.ม. ต่อวินาที ได้แก่เดือนตุลาคม ปี 2514 ได้แก่เดือนกันยายน มีค่าเท่ากับ 1325 ลบ.ม. ต่อวินาที ปี 2515 ได้แก่เดือนตุลาคม มีปริมาณน้ำ 901 ลบ.ม. ต่อวินาที ปี 2516 ได้แก่เดือนตุลาคม มีค่าเท่ากับ 1038 ลบ.ม. ต่อวินาที เดือนเมษายนของปี 2513 มีปริมาณน้ำไหลผ่านปากแม่น้ำน้อยที่สุด คือ 90 ลบ.ม. ต่อวินาที และเดือนต่าง ๆ ของปี 2514, 2515 และ 2516 ที่มีปริมาณน้ำไหลผ่านน้อยที่สุดได้แก่ เดือนมีนาคม พฤษภาคม และเมษายน โดยมีปริมาณน้ำไหลผ่านเท่ากับ 33, 61 และ 11 ลบ.ม. ต่อวินาทีตามลำดับ เมื่อพิจารณาข้อมูลปริมาณน้ำทั้ง 4 ปี พบว่ามีการกระจายค่อนข้างมีระเบียบ คือจะมีค่าของปริมาณน้ำมากในระยะเดือนกรกฎาคม จนถึงธันวาคม นอกเหนือจากนั้นแล้วพบว่าจะมีค่าน้อยลง ข้อมูลเกี่ยวกับตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาได้กล่าวถึงในการวิเคราะห์ข้อ 1 แล้ว จึงไม่กล่าวอีก ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราความเร็วเฉลี่ย เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลค่าปริมาณน้ำพบว่า อัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำจะอยู่ในระดับสูงในช่วงเดือนพฤษภาคม จนถึงธันวาคม ส่วนในช่วงมกราคมถึงเมษายน จะน้อยกว่าช่วงแรก เช่นเดียวกับปริมาณน้ำมีแนวโน้มที่จะมี-

ปริมาณมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงธันวาคม และจะน้อยลงระหว่างเดือนมกราคมถึงเมษายน เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยกับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ .300 มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 98 % ซึ่งแสดงว่าเมื่ออัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำก็จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยหลักการแล้วค่าสหสัมพันธ์ควรจะสูงกวานี้ แต่จากผลของการศึกษาได้ค่าสหสัมพันธ์ไม่สูง อาจเนื่องมาจากได้รับอิทธิพลของความแปรปรวนต่าง ๆ ในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา เช่น ความเร็วของน้ำอาจลดลงเมื่อน้ำจืดและน้ำเค็มปะทะกัน ซึ่งทำให้ความเร็วของน้ำลดลงทั้ง ๆ ที่มีปริมาณน้ำมากก็ได้

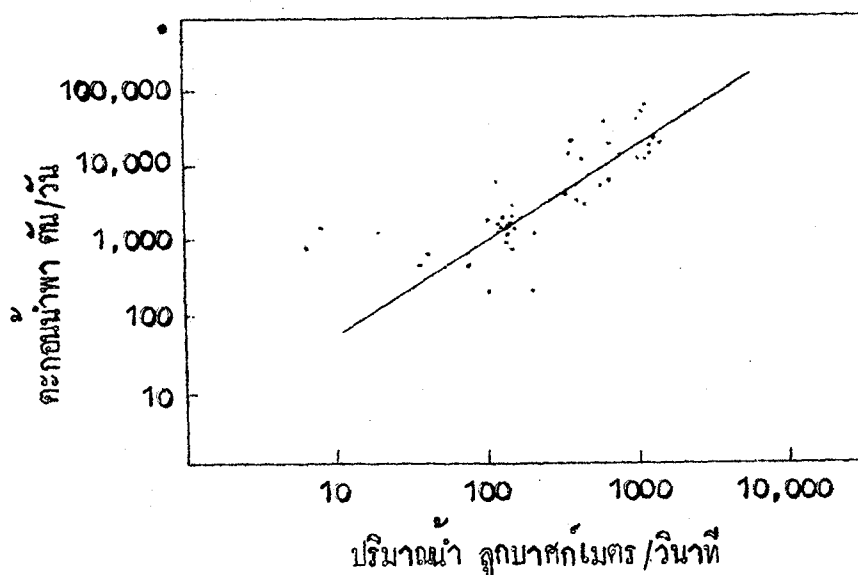
กราฟที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา



ปริมาณน้ำและตะกอนน้ำพามีลักษณะของข้อมูลที่แตกต่างกัน เนื่องจากปริมาณน้ำที่ไหลจากการวัดปริมาตรของน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดบริเวณปากแม่น้ำต่อหน่วยเวลา จึงมีปริมาณน้ำจากแม่น้ำไหลลงสู่อ่าวไทยตลอดเวลา ส่วนตะกอนน้ำพามีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป คือ ในบางช่วงมีตะกอนน้ำพามาจากอ่าวไทยไหลเข้าสู่มแม่น้ำเจ้าพระยา เช่น เดือนเมษายนของปี 2515,

2516 และเดือนมีนาคม 2515 เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนน้ำพา พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ .68 (.6795) ซึ่งแสดงว่าทั้งปริมาณน้ำและตะกอนน้ำพามีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 เนื่องจากตัวแปรทั้ง 2 เป็นตัวแปรที่ได้จากข้อมูลที่ปากแม่น้ำ ซึ่งมีลักษณะที่น้ำและตะกอนไหลเข้าและไหลออกเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาที่น้ำมากน้อย ดังนั้นการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลภายในแม่น้ำอาจจะได้ค่าสหสัมพันธ์สูงกว่า

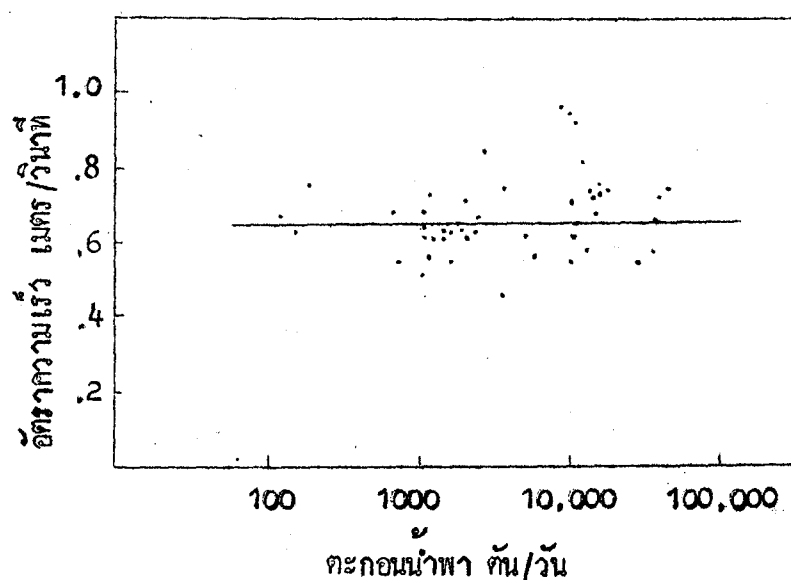
กราฟที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพากับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา



อัตราการเร็วเฉลี่ยของน้ำกับตะกอนน้ำพามีลักษณะการกระจายของข้อมูลดังนี้ ช่วงที่มีอัตราการเร็วสูงอยู่ประมาณเดือนพฤษภาคม ถึงธันวาคม ส่วนตะกอนน้ำพาอยู่ในช่วง เดือนพฤษภาคม จนถึงตุลาคม และช่วงที่มีอัตราการเร็วน้อยอยู่ประมาณเดือนมกราคมถึง เมษายน เช่นเดียวกับตะกอนน้ำพา แต่มีบางเดือนที่ตะกอนน้ำพาจากแม่น้ำไหลสู่อ่าวไทยมีน้อยกว่าตะกอน น้ำพาจากอ่าวไทยที่ไหลวกเข้าสู่มแม่น้ำ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเร็วเฉลี่ย ของน้ำกับตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ .25 (.2467) มีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงว่าอัตราการเร็วเฉลี่ยของน้ำจะมีผลต่ออัตราการไหลของตะกอน น้ำพา ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 แต่อย่างไรก็ตามค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ไม่สูงเท่าที่ควร ซึ่งอาจ-

พิจารณาไควเป็นผลจากการที่อัตราความเร็วที่ปากแม่น้ำและตะกอนน้ำพา ถูกกระทบกระเทือนจากอิทธิพลภายนอก เมื่อออกสู่ปากแม่น้ำ จากกราฟที่ 3 จะเห็นว่า การกระจายของข้อมูลน้ำเสมอเป็นส่วนใหญ่และเส้นกราฟขนานกับแกน

กราฟที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา



2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพาที่บางโพ

จากตารางที่ 8 (ภาคผนวก) ข้อมูลอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำที่บางโพ ในปี 2513 เดือนตุลาคม เป็นเดือนที่มีความเร็วสูงสุด คือประมาณ .9190 เมตรต่อวินาที เดือนกันยายนและสิงหาคม น้ำมีความเร็ว .8050 และ .7403 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ช่วงที่น้ำมีอัตราความเร็วต่ำอยู่ระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน ปี 2514 เดือนตุลาคม มีอัตราความเร็วของน้ำสูงสุด .6190 เมตรต่อวินาที รองลงมาได้แก่ กันยายน และธันวาคม มีความเร็วในอัตรา .6186 และ .4963 เมตรต่อวินาที ช่วงที่มีอัตราความเร็วต่ำจะมีความเร็วประมาณ .3303 เมตรต่อวินาที ในเดือนเมษายน และความเร็วในอัตรา .3365 เมตรต่อวินาที

ในเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2515 อัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำสูงสุดเท่ากับ .5690 เมตร
 ต่อวินาที เป็นความเร็วในเดือนตุลาคม รองลงมาเป็นความเร็วในอัตรา .5290 และ .4260
 เมตรต่อวินาที ในเดือนธันวาคมและกันยายน อัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำต่ำสุดเท่ากับ .3078
 เมตรต่อวินาทีในเดือนมีนาคม ปี พ.ศ. 2516 อัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำสูงสุดเท่ากับ .6910
 เมตรต่อวินาที และ .4326, .4313 เมตรต่อวินาที ในเดือนตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม
 ตามลำดับ อัตราความเร็วเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ .2853, .3040, .3106 เมตรต่อวินาที ใน
 เดือนเมษายน พฤษภาคม และมิถุนายน

จากตารางที่ 4 (ภาคผนวก) ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่บางไทร ในปี 2513
 ปริมาณน้ำไหลผ่านในอัตราสูงสุดเท่ากับ 2973 ลบ.ม. ต่อวินาทีในเดือนตุลาคม และ 2148 ลบ.ม.
 ต่อวินาทีในเดือนพฤศจิกายน เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำน้อยที่สุดประมาณ 110 ลบ.ม.
 ต่อวินาที ในช่วงมกราคมถึงเมษายน เป็นช่วงที่มีปริมาณน้ำน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงต่าง ๆ
 ในรอบปี ปี พ.ศ. 2514 ปริมาณน้ำไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่บางไทรสูงสุดในเดือนตุลาคม รองลงมา
 คือเดือนกันยายน, ธันวาคม มีปริมาณน้ำ 1563, 1394 และ 769 ลบ.ม. ต่อวินาที ระยะเวลาที่มี
 ปริมาณน้ำน้อยอยู่ระหว่างกุมภาพันธ์ถึงกรกฎาคม มีปริมาณน้ำน้อยที่สุดในเดือนเมษายน 127 ลบ.ม.
 ต่อวินาที ปี พ.ศ. 2515 ปริมาณน้ำสูงสุด 1158 ลบ.ม. ต่อวินาทีในเดือนตุลาคม รองลงมา
 คือเดือนธันวาคม และกันยายน มีปริมาณน้ำ 1071 และ 932 ลบ.ม. ต่อวินาที เดือนพฤษภาคม
 เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำน้อยที่สุด 113 ลบ.ม. ต่อวินาที ซึ่งอยู่ในช่วงเดียวกับปี 2514 ปี พ.ศ. 2516
 ปริมาณน้ำสูงสุด 1879 ลบ.ม. ต่อวินาที รองลงมาคือ 734, 675 ลบ.ม. ต่อวินาที ซึ่งต่างอยู่ใน
 ช่วงเดือนตุลาคม กันยายน และธันวาคม ตามลำดับ จากข้อมูลทั้ง 4 ปี ปริมาณน้ำมีแนวโน้ม
 ที่จะมีปริมาณมากระหว่างเดือนกันยายนถึงตุลาคม และมีบางปีที่จะมีปริมาณน้ำมากจนถึงเดือน
 พฤศจิกายนและธันวาคม ระยะเวลาที่มีปริมาณน้ำน้อยจะอยู่ระหว่างมกราคมถึงกรกฎาคม เมื่อพิจารณา
 การกระจายของข้อมูลพบว่า ช่วงที่มีปริมาณน้ำมากและน้อยมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะทางภูมิศาสตร์
 ในด้านฤดูกาล คือในช่วงที่มีปริมาณน้ำมากมักจะอยู่ในระยะฤดูฝน และช่วงที่มีปริมาณน้ำน้อยมักจะ
 อยู่ในระยะฤดูแล้งและฤดูร้อน

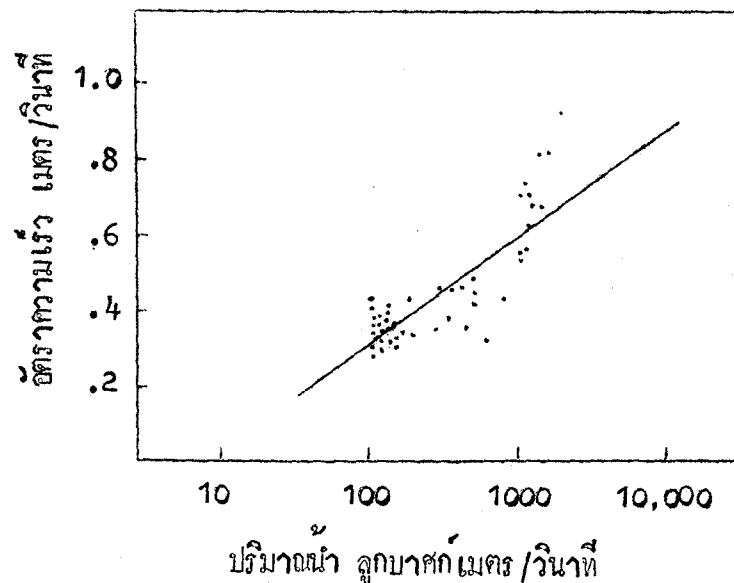
จากตารางที่ 6 (ภาคผนวก) ข้อมูลตะกอนน้ำพาที่บางไทรในปี พ.ศ. 2513

มีตะกอนไหลผ่านในทิศทางสู่ปลายลำน้ำในอัตราสูงสุด .5713 คันต่อวินาที ซึ่งอยู่ในระหว่าง
เดือนสิงหาคมในช่วงนี้ที่อยู่ในเดือนกรกฎาคมและกันยายน ทางก็มีตะกอนน้ำพาไหลผ่านในอัตราสูง
คือประมาณ .4160 และ .3850 คันต่อวินาที และพบว่าเดือนเมษายน มีนาคม กุมภาพันธ์
มีตะกอนน้ำพาไหลผ่านในอัตราต่ำมาก คือ .0120, .0143 และ .0160 คันต่อวินาทีตามลำดับ
ในปี พ.ศ. 2514 ตะกอนน้ำพาไหลผ่านสูงสุดในอัตรา .2079 คันต่อวินาทีในเดือนกันยายน
และไหลผ่านในอัตรา .1365, .0922 คันต่อวินาทีในเดือนตุลาคมและสิงหาคม ช่วงที่ตะกอน
น้ำพาไหลผ่านต่ำสุดคือ เดือนเมษายน รองลงมาคือ มีนาคม, กุมภาพันธ์ ในอัตรา .0094
.0132 และ .0198 คันต่อวินาที ปี พ.ศ. 2515 ระยะที่มีตะกอนน้ำพาไหลผ่านในอัตราสูง
อยู่ในช่วงกันยายนถึงธันวาคม มีอัตรา .1899, .1104 และ .0498 ในเดือนกันยายน
ตุลาคม และธันวาคม ตามลำดับ และจะไหลผ่านในอัตราต่ำระหว่างมกราคมถึงพฤษภาคม โดยมี
อัตราต่ำสุดเท่ากับ .0052 คันต่อวินาที ปี พ.ศ. 2516 อัตราสูงสุดประมาณ .1545 คันต่อ
วินาทีในเดือนตุลาคม นอกจากในช่วงที่มีอัตราสูงได้แก่กันยายน พฤศจิกายน อัตราต่ำสุด
ประมาณ .0059 คันต่อวินาทีในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งในช่วงนี้คือตั้งแต่มกราคมจนถึงพฤษภาคม
เป็นช่วงที่มีตะกอนน้ำพาไหลผ่านในอัตราต่ำ

ลักษณะการกระจายของข้อมูลในเรื่องอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ เมื่อเปรียบ
เทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่บางใด พบว่า อัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ
มีการกระจายแตกต่างกันในแต่ละเดือน ความเร็วมีอัตราสูงในช่วงกรกฎาคม จนถึงธันวาคม
และเดือนตุลาคมเป็นเดือนที่มีอัตราความเร็วสูงสุด หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงและมีแนวโน้ม
ค่อย ๆ ลดลงตลอดจนถึงราว ๆ เดือนพฤษภาคม จึงเริ่มเพิ่มขึ้นและสูงสุดในเดือนตุลาคมของทุกปี
สำหรับปริมาณน้ำที่ไหลผ่านบางใด พบว่าเดือนตุลาคมของทุกปีจะมีปริมาณน้ำไหลผ่านในอัตราสูงสุด
ซึ่งเหมือนกับอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ ช่วงที่ปริมาณน้ำลดลงเริ่มจากมกราคมจนถึงพฤษภาคม
หลังจากนั้นจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนสูงสุด ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านน้อยที่สุดของทุกปีจะไม่ต่ำกว่า 100
ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับปริมาณ
น้ำที่บางใด พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ .77 (.7702) ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำจะมีผลต่ออัตราความเร็ว
ของน้ำ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสหสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปรที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีค่าเท่ากับ .300 พบว่ามีความแตกต่างกัน ค่าสหสัมพันธ์ที่บางไทรสูงกว่า อาจเป็นเพราะที่บางไทร เป็นบริเวณที่อยู่ลึกเข้ามาจากปากแม่น้ำ จึงไม่มีตัวการอื่น ๆ ที่จะมีผลต่ออัตราความเร็วของน้ำ และปริมาณน้ำ ซึ่งมีทิศทางการไหลสู่ปลายลำน้ำ ซึ่งต่างจากปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่แม่น้ำเค็มจากทะเลเข้ามาเกี่ยวข้อง

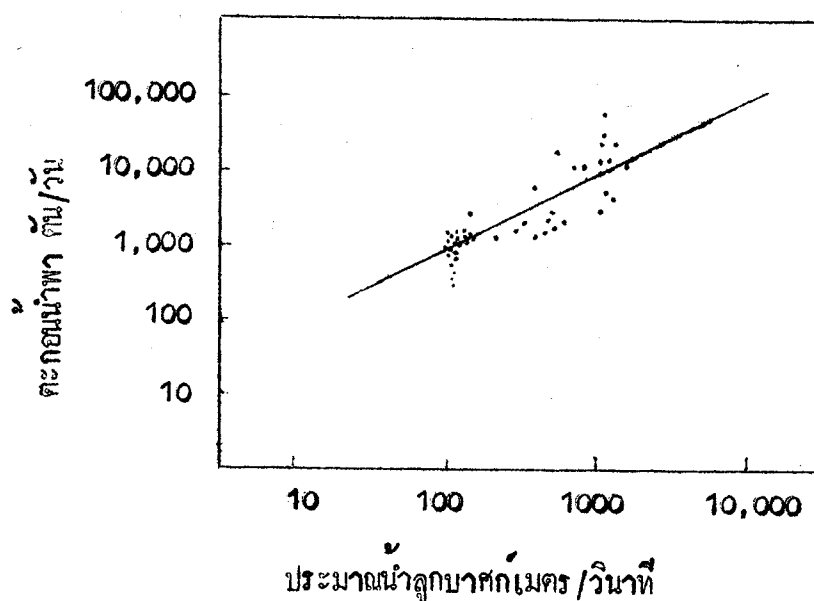
กราฟที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำกับปริมาณน้ำที่บางไทร



ตะกอนน้ำพาที่บางไทร เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำพบว่า ช่วงที่มีตะกอนน้ำพาไหลผ่านในอัตราสูงของทุกปีอยู่ระหว่างกรกฎาคมถึงตุลาคม ในบางปีอาจเป็นเดือนสิงหาคมหรือกันยายนหรือตุลาคม ซึ่งจะเห็นว่าส่วนใหญ่ระยะที่มีตะกอนน้ำพาสูงสุดจะอยู่ใน 3 เดือนนี้ หลังจากนั้นจะลดลงและต่ำสุดในราวมกราคม จนถึงเมษายน แล้วก็จะเพิ่มขึ้นจนถึงช่วงที่สูงที่สุด ส่วนปริมาณน้ำก็มีลักษณะการกระจายของข้อมูลไม่แตกต่างกันมากนัก เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .65 (.6525) ซึ่งแสดงว่าตะกอนน้ำพาจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสหสัมพันธ์ของทั้ง 2 ตัวแปร

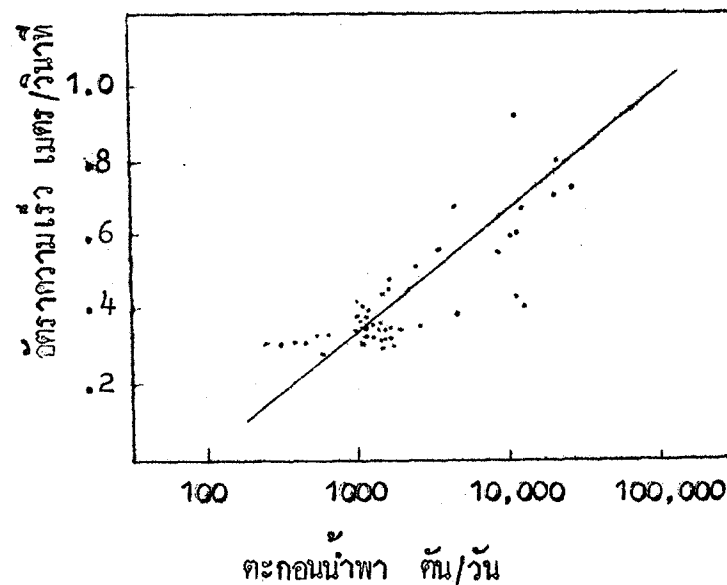
ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6795 จะเห็นว่า ค่าสหสัมพันธ์ทั้งสองแห่งมีค่าใกล้เคียงกัน
 อารกิบรายไควว่า เนื่องจากตะกอนน้ำพาต้องไหลมากับน้ำ ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำมากหรือน้อยย่อม
 มีผลต่อจำนวนตะกอนน้ำพาคาย และไม่ว่าที่บางไทรหรือที่ปากแม่น้ำก็จะมีผลเช่นเดียวกัน

กราฟที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพากับปริมาณน้ำที่บางไทร



อัตราการเร็วเฉลี่ยของน้ำกับตะกอนน้ำพา เมื่อเปรียบเทียบกับพบว่าข้อมูลของ
 ทั้งสองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะสิงหาคมจนถึงตุลาคม และต่ำก็มีแนวโน้มลดต่ำลงระหว่าง
 มกราคมจนถึงพฤษภาคม เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์พบว่า อัตราการเร็วเฉลี่ย
 ของน้ำกับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ .57 (.5702) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับ
 ผลการศึกษาที่ปากแม่น้ำซึ่งได้ค่าสหสัมพันธ์ .2467 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ที่บางไทรสูงกว่า
 อาจเป็นเพราะบางไทรอยู่ลึกเข้ามาจากปากแม่น้ำมาก จนกระทั่งอิทธิพลของน้ำทะเลและตัวการ
 อื่น ๆ ไม่มีผล

กราฟที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ
กับตะกอนน้ำพาที่บางไพร



สรุปความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ ปริมาณน้ำและตะกอนน้ำพา
ของทั้งที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและที่บางไพร ดังนี้

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วของน้ำกับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำ มีค่าเท่ากับ
.300 และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วของน้ำกับปริมาณน้ำที่บางไพร มีค่าเท่ากับ .77
(.7702)

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วของน้ำกับตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำมีค่าเท่ากับ
.25 (.2467) และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับตะกอนน้ำพาที่บางไพรมีค่า .57
(.5702)

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำมีค่า .68 (.6795)
และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนน้ำพาที่บางไพรมีค่า .65 (.6525)

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าสหสัมพันธ์ของอัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา
ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและบางไทร

	ค่า r ระหว่าง อัตราความเร็ว กับปริมาณน้ำ	ค่า r ระหว่าง อัตราความเร็ว กับตะกอนน้ำพา	ค่า r ระหว่าง ปริมาณน้ำ กับตะกอนน้ำพา
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	.300 *	.2467 *	.6795
บางไทร	.7702	.5702	.6525

* มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา ที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยากับบางไทร

อัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำทั้งที่บางไทรและปากแม่น้ำเจ้าพระยา เมื่อพิจารณาจากข้อมูลพบว่าช่วงที่มีความเร็วสูงที่ปากแม่น้ำ อยู่ระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม ยกเว้นปี 2515 ที่ความเร็วสูงสุดประมาณเดือนมิถุนายน ช่วงที่มีความเร็วต่ำอยู่ระหว่างมกราคมถึงเมษายน ในรอบ 4 ปี ที่ทำการศึกษาคือเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2513 เป็นเดือนที่มีอัตราความเร็วของน้ำต่ำสุดประมาณ .53 เมตรต่อวินาที ที่บางไทรช่วงที่มีความเร็วสูงสุดอยู่ประมาณเดือนกรกฎาคม จนถึงธันวาคม ความเร็วสูงสุดในปี 2513 เท่ากับ .9190 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วที่เร็วกว่าอัตราความเร็วสูงสุดของปากแม่น้ำ แต่ในขณะเดียวกันอัตราความเร็วต่ำสุดของบางไทรซึ่งมีค่าประมาณ .28 เมตรต่อวินาที เป็นความเร็วต่ำสุดของทั้ง 2 แห่ง เมื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำทั้งสองแห่งพบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ .2034 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก

ปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยากับอัตราการเร็วเฉลี่ยของน้ำที่บางไทร เมื่อนำ
ข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ .65 (.6514) เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2
การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรคู่กันได้ใช้ข้อมูลในระยะเวลาเดียวกัน ถ้าหากไม่มีการศึกษาถึงระยะ
เวลาการ เดินทางของน้ำจากบางไทรถึงปากแม่น้ำ แล้วเลือกข้อมูลโดยใช้เวลามาเป็นเครื่อง
พิจารณา อาจได้ค่าสหสัมพันธ์สูงกวาน

ข้อมูลตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยากับอัตราการเร็วเฉลี่ยของน้ำที่บางไทร
เมื่อวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ .55 (.5459) เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

อัตราการเร็วเฉลี่ยที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยากับปริมาณน้ำที่บางไทร เมื่อนำข้อมูล
มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ .44 (.4067) ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์ไม่มากนัก

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเร็วเฉลี่ยที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยากับตะกอนน้ำพา
ที่บางไทร ที่ได้จากการวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ .21 (.2077) แสดงว่ามีความ
สัมพันธ์กันน้อย

ปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำและที่บางไทร เมื่อพิจารณาจากข้อมูลพบว่า ปริมาณน้ำที่
ปากแม่น้ำในระยะสูงสุดอยู่ระหว่าง 1000 - 6000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แต่มีบางปี เช่น
ปี 2515 ที่มีปริมาณน้ำประมาณ 900 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีเท่านั้น และเกิดฤดูกาลของทุกปี
เป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำสูงสุด ส่วนที่บางไทรมีปริมาณน้ำสูงสุดอยู่ระหว่าง 1000 - 2900 ลูกบาศก์เมตร
ต่อวินาที และเกิดฤดูกาลที่มีปริมาณน้ำสูงสุดเช่นกัน ในปี 2513 ปริมาณน้ำสูงสุดถึง 2973
ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เหตุที่ปริมาณน้ำปากแม่น้ำน้อยกว่าที่บางไทร อาจเกิดจากที่ปากแม่น้ำ
เจ้าพระยามีบางช่วงที่น้ำทะเลเอ่อเข้ามา เมื่อคำนวณหาปริมาณน้ำสุทธิของแม่น้ำที่ไหลออกสู่ทะเล
จึงมีน้อยกว่าเท่าที่ควรจะเป็น ปริมาณน้ำต่ำสุดที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาประมาณ 10 ลูกบาศก์เมตร
ต่อวินาที ซึ่งอยู่ในเดือนเมษายนของปี 2516 จะสังเกตได้ว่าปริมาณน้ำเริ่มลดลงตั้งแต่เดือน
มกราคมเป็นต้นมา ที่บางไทรปริมาณน้ำต่ำสุดประมาณ 110 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เมื่อนำ
ข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ .99 (.9867) ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำที่
บางไทรจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำด้วย ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำกับตะกอนน้ำพาที่บางไทร เมื่อนำมาวิเคราะห์หา-

ความสัมพันธ์ว่ามีค่าสหสัมพันธ์ .64 (.6412) แสดงว่ามีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรคู่กัน หากได้มีการจัดกระทำข้อมูลเสียใหม่โดยพิจารณาเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องของและเลือกข้อมูลมาศึกษา อาจได้ค่าสหสัมพันธ์ที่น่าสนใจเพิ่มขึ้นอีกค่าหนึ่ง

ตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำกับปริมาณน้ำที่บางโหล เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ มีค่าสหสัมพันธ์ .66 (.6591) ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำที่บางโหลจะมีผลต่อตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำ เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสหสัมพันธ์ที่ใช้ตัวแปรที่ปากแม่น้ำทั้งคู่ มีค่า .6795 แสดงให้เห็นว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน ค่าสหสัมพันธ์อีกค่าหนึ่ง คือ .6525 ได้จากการคำนวณโดยใช้ตัวแปรที่บางโหลทั้งคู่ เป็นที่น่าสังเกตว่า ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนน้ำพาของแม่น้ำเจ้าพระยา เฉพาะบริเวณที่ศึกษามีค่าใกล้เคียงกันมาก คือประมาณ .64 - .68

ตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำและที่บางโหล เมื่อเปรียบเทียบกัน เพื่อประกอบการพิจารณาในการวิเคราะห์ ปรากฏว่าที่ปากแม่น้ำมีตะกอนน้ำพาไหลผ่านสูงสุดในรอบ 4 ปี ประมาณ .7252 ตันต่อวินาที ที่บางโหลมีอัตราต่ำกว่าประมาณ .5713 ตันต่อวินาที และต่างกันเป็นขั้วสุดในเคื่อนสิงหาคมเช่นกัน ระยะที่ตะกอนน้ำพาสูงสุดมักจะอยู่ประมาณเคื่อนสิงหาคมถึงตุลาคมเป็นส่วนใหญ่ ตะกอนน้ำพาค่าสุดท้ายพบในระยะเวลาที่ทำการศึกษา ประมาณ .0021 ตันต่อวินาทีที่ปากแม่น้ำ ส่วนที่บางโหล อัตราต่ำสุดยังสูงกว่า คือประมาณ .0059 ตันต่อวินาที นอกจากนี้ยังพบว่าที่ปากแม่น้ำมีตะกอนจากภายนอกแม่น้ำไหลเข้าสู่น้ำในอัตราตั้งแต่ .0015 ถึง .0192 ตันต่อวินาที ซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างจากที่บางโหล และจะกล่าวถึงในการอภิปรายผล ความแตกต่างของตะกอนน้ำพาที่บางโหลในช่วงสูงสุดและต่ำสุดจาก .5713 ถึง .0002 เท่ากับ .5664 ตันต่อวินาที ที่ปากแม่น้ำจาก .7252 ถึง .0192 เท่ากับ .7444 ตันต่อวินาที จะพบว่าที่ปากแม่น้ำมีการกระจายของข้อมูลแตกต่างกันมากกว่าที่บางโหล เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ปรากฏว่ามีค่าสหสัมพันธ์ .95 (.9455) ซึ่งแสดงว่าตะกอนน้ำพาที่บางโหลจะมีผลต่อตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าสัมพัทธ์ที่เกิดจากอัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ
และตะกอนน้ำพา ระหว่างปากแม่น้ำเจ้าพระยากับบางไทร

บางไทร ปากแม่น้ำ	อัตราความเร็ว	ปริมาณน้ำ	ตะกอนน้ำพา
อัตราความเร็ว	.2034	.4067	.2077
ปริมาณน้ำ	.6514	.9867	.6412
ตะกอนน้ำพา	.5459	.6591	.9455

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็ม (salinity) กับปริมาณน้ำ

แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 4 ตอนดังนี้

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ปากแม่น้ำตามแนวนอน (Horizontal) กับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

จากตารางที่ 11 (ภาคผนวก) ข้อมูลความเค็มที่ปากแม่น้ำในระบับน้ำมีลักษณะการกระจายของข้อมูลดังนี้ ความเค็มจะอยู่ระหว่าง 0.115 ถึง 6.435 ‰ ช่วงที่มีความเค็มอยู่ในระดับต่ำ จะอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม มีความเค็มจากน้ำทะเลอยู่ระหว่าง .115 ถึง 4.270 ‰ สำหรับช่วงที่มีความเค็มอยู่ในระดับสูงจะอยู่ระหว่างเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม และจะมีความเค็มประมาณ 1.345 ถึง 6.435 ‰

ความเค็มที่ระดับลึก 2 เมตรจากพื้นน้ำ จะมีความเค็มอยู่ระหว่าง 0.16 ถึง 7.075 ‰ ช่วงที่มีความเค็มสูงมากอยู่ระหว่างมกราคมถึงพฤษภาคม ประมาณ 1.455 ถึง 6.17 ‰ และอยู่ในระดับต่ำประมาณมิถุนายนถึงตุลาคม การกระจายอยู่ระหว่าง

ช่วง 0.16 ถึง 4.280 % ความเค็มในระดับลึก 4 เมตรจากพื้นผิวน้ำ มีการกระจายดังนี้ ความเค็มสูงสุดประมาณ 7.350 % และต่ำสุดประมาณ 0.19 % ซึ่งอยู่ในเคียนธุมภัพันธ์ และสิงหาคมนปี 2514 ดังนั้นการกระจายของความเค็มอยู่ระหว่าง 0.19 ถึง 7.350 % สังเกตได้ว่า ความเค็มสูงสุดในระยะความลึก 4 เมตร จะสูงกว่าในระดับผิวน้ำ และระดับลึก 2 เมตร ความเค็มที่ระดับความลึก 6 เมตรจากพื้นผิวน้ำสูงสุดประมาณ 7.580 % ต่ำสุด 0.23 % ซึ่งอยู่ในเคียนธุมภัพันธ์และสิงหาคมนของปี พ.ศ. 2514 ในระยะที่มีความเค็มต่ำ จะมีการกระจายตั้งแต่ 0.23 ถึง 4.825 % ความแตกต่างของความเค็มในช่วงที่สูงที่สุดและต่ำสุดประมาณ 7.35 % เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความลึก 0.2 และ 4 เมตรแล้วพบว่า ที่ระดับความลึก 6 เมตรนี้ มีความเค็มแตกต่างกันมากยิ่งขึ้น ความเค็มที่ระดับความลึก 8 เมตร อยู่ระหว่าง 0.47 ถึง 7.955 % ซึ่งมีความแตกต่างกันมากกว่าในชั้นความลึกต่าง ๆ ที่ได้อธิบายมาแล้ว ความเค็มสูงสุดอยู่ในเคียนธุมภัพันธ์ ต่ำสุดอยู่ในเคียนสิงหาคมนของปี 2514 เมื่อพิจารณาข้อมูลทั้ง 4 ปี สังเกตได้ว่าเคียนธุมภัพันธ์เป็นเคียนที่มีความเค็มสูงสุด และเคียนสิงหาคมนเป็นเคียนที่มีความเค็มน้อยที่สุด

เมื่อนำข้อมูลความเค็มมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา ได้ผลดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ระดับผิวน้ำกับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.5323 ซึ่งแสดงว่ามีความสัมพันธ์ไปในทางลบ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ระดับลึก 2 เมตร จากระดับผิวน้ำกับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.6515 แสดงว่ามีความสัมพันธ์ไปในทางลบเช่นเดียวกับระยะผิวน้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ระดับลึก 4 เมตร กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.5357 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ระดับลึก 6 เมตร กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.1688 และความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ระดับลึก 8 เมตร กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.1262 จากการวิเคราะห์พบว่าค่าสหสัมพันธ์เป็นไปในทางลบทุกค่า ซึ่งหมายความว่าเมื่อค่าแปรตัวใดตัวหนึ่ง มีค่าเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ตัวแปรที่เหลือมีค่าลดลง สังเกตได้ว่าที่ระดับความลึก 2 เมตร ให้ค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ค่าสหสัมพันธ์ที่ระดับผิวน้ำและระดับลึก 4 เมตร มีค่าใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นยิ่งลึกลงไปจะค่าสหสัมพันธ์ลดลง อาจเป็นเพราะน้ำเค็มมีความหนาแน่นสูงกว่าน้ำจืด เมื่อปะทะกัน

น้ำเค็มจึงมักจะอยู่ตอนล่าง และไหลเข้าสู่แม่น้ำในลักษณะเป็นลิ้น ระดับที่ไหลคาสหสัมพันธ์สูง อาจมีการผสมผสานของน้ำเค็มและน้ำจืดได้ดีกว่า

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ปากแม่น้ำตามแนวนอนกับปริมาณน้ำที่บางไทร
ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ในข้อนี้ เป็นข้อมูลเดียวกับในข้อ 3.1 แต่ได้เปลี่ยนไปศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่บางไทร จากการศึกษาได้ความสัมพันธ์ดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ระดับผิวน้ำ กับปริมาณน้ำที่บางไทรมีค่าสหสัมพันธ์ -0.3534 ซึ่งเป็นค่าที่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ระดับลึก 2 เมตร กับปริมาณน้ำที่บางไทรมีค่าสหสัมพันธ์ -0.5456 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ระดับลึก 4 เมตร กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.4476 ความสัมพันธ์ที่ระดับลึก 6 เมตร กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.2820 ซึ่งมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ระดับลึก 8 เมตร กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.0379 สังเกตได้ว่าทุกค่ามีความสัมพันธ์กันในทางลบ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์พบว่า ที่ระดับความลึก 2 เมตร ไหลคาสหสัมพันธ์สูงสุด รองลงมาคือค่าสหสัมพันธ์ที่ระดับลึก 4 เมตร, ระดับผิวน้ำ ค่าสหสัมพันธ์ เริ่มน้อยลง เมื่อมีความลึกเพิ่มขึ้นจนน้อยที่สุดที่ระดับความลึก 8 เมตร ที่ระดับความลึก 2 เมตร ไหลคาสหสัมพันธ์สูงสุดทั้งในข้อ 3.1 และ 3.2 อาจเป็นเพราะที่ระดับนี้ น้ำเค็มและน้ำจืดมีการคลุกเคล้ากันไ้มากกว่า เนื่องจากในระยะนี้จะมีน้ำมีความเค็มน้อย เพราะน้ำเค็มมีน้ำหนักมากกว่า จึงมีแนวโน้มที่จะอยู่เบื้องล่างน้ำจืด ส่วนในระยะที่ลึกมากก็มีความเค็มมากเกินไป ระดับความลึก 2 ถึง 4 เมตรจึงอาจเป็นระยะที่น้ำจืดและน้ำเค็มผสมผสานกันได้ดีกว่าระดับความลึกอื่น ๆ

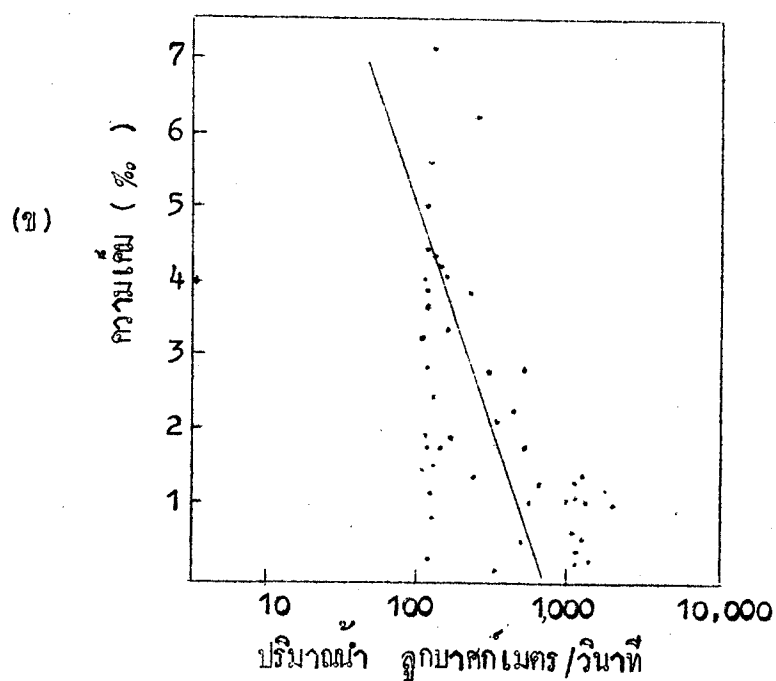
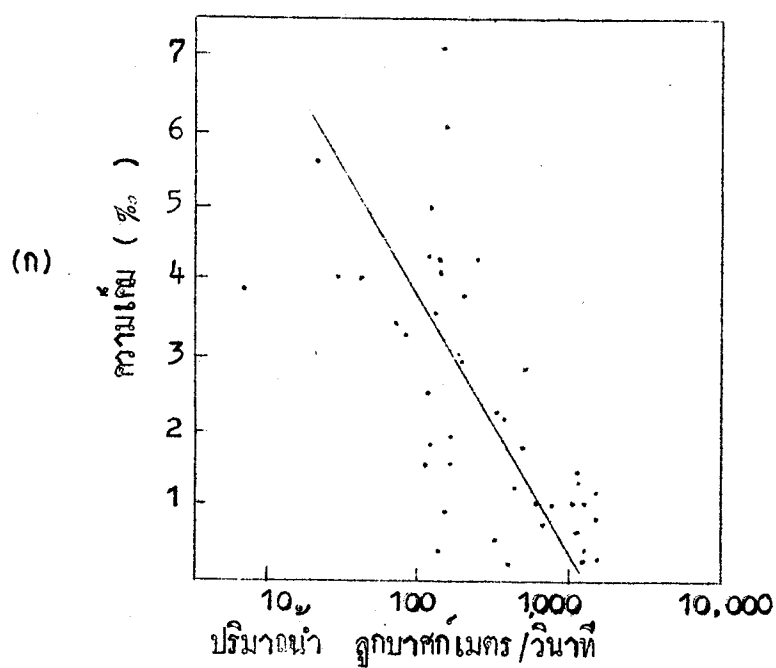
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของความเค็มตามแนวนอน
กับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาและที่บางไทร

การกระจายของความเค็ม ตามแนวนอน ปริมาณน้ำ ที่ปากแม่น้ำและที่บางไทร	ระดับ น้ำ	ระดับลึก 2 เมตร	ระดับลึก 4 เมตร	ระดับลึก 6 เมตร	ระดับลึก 8 เมตร
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	-0.5323	-0.6515	-0.5357	-0.1688	-0.1262
บางไทร	*** -0.3534	-0.5456	-0.4476	* -0.2820	-0.0379

*** มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

* มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

กราฟที่ 5.7 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มตามแนว Horizontal
 ใต้กับความลึก 2 เมตร กับ
 ก. ปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา
 ข. ปริมาณน้ำที่บางไทร



3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาตามแนวตั้ง (Vertical) กับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

การกระจายของความเค็มตามแนวตั้ง ได้แบ่งเป็นช่วง ๆ โดยเริ่มจากปากแม่น้ำเข้ามาทุก ๆ ระยะ 3 กิโลเมตร จนถึงกิโลเมตรที่ 27 และได้นำค่าเฉลี่ยตลอดตามแนวตั้งจากระดับน้ำจนถึงท้องน้ำทุกช่วง ข้อมูลที่ได้จากการกระจายดังนี้ ความเค็มตามแนวตั้งที่กิโลเมตรที่ 0 มีความเค็มสูงสุด 16.795 % ค่าสุด 0.65 % ในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2514 และกรกฎาคม ปี 2516 ซึ่งมีความแตกต่างกันประมาณ 16.145 % ความเค็มที่กิโลเมตรที่ 3 สูงสุด 17.37 % และค่าสุด 0.61 % ในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2513 และกรกฎาคม ปี 2516 ช่วงความแตกต่างของความเค็มมีประมาณ 16.76 % ความเค็มที่กิโลเมตรที่ 6 อยู่ระหว่าง 0.055 ถึง 12.50 % มีช่วงห่างกัน 12.45 % โดยมีความเค็มสูงสุดในเดือนเมษายน และค่าสุดในเดือนกันยายน ในปี 2514 ความเค็มที่กิโลเมตรที่ 9 อยู่ระหว่าง 0.125 ถึง 23.03 % ความเค็มสูงสุดและค่าสุดอยู่ในช่วงเดียวกันกับความเค็มที่กิโลเมตรที่ 6 คือ สูงสุดในเดือนเมษายน และค่าสุดในเดือนกันยายนเช่นกัน ในบริเวณนี้เนื่องจากไกลมาจากปากแม่น้ำมากขึ้น ทำให้ความเค็มจากน้ำทะเลในบางเดือนเข้ามาไม่ถึงจึงไม่มีข้อมูล ลักษณะเช่นนี้จะปรากฏต่อไปเรื่อย ๆ เมื่อลึกเข้ามาในแม่น้ำมากขึ้น ความเค็มจะค่อย ๆ ลดลงและไม่มีในที่สุด กิโลเมตรที่ 9 ก็มีลักษณะเช่นนี้เช่นกัน ปรากฏว่าในเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน ในปี พ.ศ. 2513 ไม่มีความเค็มเข้ามาถึงบริเวณนี้ และกิโลเมตรที่ 6 ไม่มีความเค็มในเดือนกันยายนในปีเดียวกัน กิโลเมตรที่ 12 มีความเค็มอยู่ระหว่าง .05 ถึง 14.515 % มีช่วงความแตกต่าง 14.465 % ซึ่งนับว่ามีความแตกต่างกันมาก ในเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน ปี 2513, เดือนกันยายนถึงตุลาคม ปี 2514 และเดือนตุลาคม ไม่มีความเค็มเข้ามาในบริเวณนี้ กิโลเมตรที่ 15 มีข้อมูลความเค็มกระจายอยู่ระหว่าง .04 ถึง 7.650 % ไม่มีข้อมูลความเค็มในเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายน ปี 2513 , เดือนกันยายนถึงตุลาคม ปี พ.ศ. 2514 และเดือนกันยายนถึงตุลาคม ปี พ.ศ. 2516 กิโลเมตรที่ 18 มีความเค็มสูงสุด 6.175 % ในเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2514 และค่าสุดในปี 2514 เดือนกันยายน ประมาณ .045 % ไม่มีข้อมูลความเค็มในระยะเดือนสิงหาคมถึงธันวาคม ปี พ.ศ. 2513, เดือนกันยายนถึงตุลาคม ปี 2514,

เดือนธันวาคม ปี 2515 และเดือนกันยายนถึงตุลาคม ปี พ.ศ. 2516 กิโลเมตรที่ 21 การกระจายของความเค็มอยู่ระหว่าง .015 ถึง 5.465 ‰ ไม่มีข้อมูล ในระยะเดือนกรกฎาคม ถึงธันวาคม ปี พ.ศ. 2513, เดือนกันยายนถึงตุลาคม ปี พ.ศ. 2514 เดือนธันวาคม ปี 2515 และเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2516 กิโลเมตรที่ 24 มีความเค็มระหว่าง .010 ถึง 4.72 ‰ มีช่วงความเค็มแตกต่างกัน 4.71 ‰ สังเกตได้ว่า ช่วงความแตกต่างของความเค็มจะยิ่งน้อยลงเมื่อระยะลึกเข้าสู่น้ำมากขึ้น ระยะที่ไม่มีความเค็มเข้ามาถึงบริเวณนี้ ได้แก่ เดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม ปี พ.ศ. 2513, เดือนกันยายนถึงตุลาคมปี พ.ศ. 2514, เดือนธันวาคมปี 2515 และเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2516 กิโลเมตรที่ 27 มีความเค็มอยู่ระหว่าง 0.035 ถึง 3.945 ‰ โดยมีสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ปี 2515 และต่ำสุดเดือนธันวาคม ปี 2514 ระยะที่ไม่มีความเค็มได้แก่เดือนกรกฎาคมถึงธันวาคม ปี 2513, เดือนกันยายนถึงพฤศจิกายนปี พ.ศ. 2514 , เดือนธันวาคมปี 2515 และเดือนกันยายนถึงธันวาคม ในปี พ.ศ. 2516

เมื่อนำข้อมูลความเค็มกับปริมาณน้ำมาหาความสัมพันธ์ ปรากฏว่าโดยเฉลี่ยนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่กิโลเมตร 0 ตามแนวตั้งกับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยามีค่าสหสัมพันธ์ - .5401 ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำจะมีผลต่อความเค็มที่ปากแม่น้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่กิโลเมตรที่ 3 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ - .6647 ความเค็มที่กิโลเมตร 6 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ - .7281 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่กิโลเมตรที่ 9 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ - .5503 เนื่องจากที่กิโลเมตรที่ 9 มีบางช่วงที่ไม่มีความเค็มจากน้ำทะเลเข้ามาถึง จึงได้ทำการหาค่าสหสัมพันธ์อีกวิธีหนึ่ง โดยการตัดข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ออกไป ทำให้ได้ค่าสหสัมพันธ์อีกค่าหนึ่ง ค่าที่ได้ใหม่นี้ส่วนใหญ่จะมีค่าสหสัมพันธ์ต่ำกว่าการคำนวณวิธีแรก สำหรับที่กิโลเมตรที่ 9 นี้ ค่าสหสัมพันธ์ใหม่จากวิธีการที่ได้ออกมาแล้วเท่ากับ - .4975 ซึ่งต่อไปนี้จะคงได้พบค่าสหสัมพันธ์แรกที่คิดโดยไม่ตัดข้อมูลทิ้ง

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่กิโลเมตร 12 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ - .6610 (-.7308) ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มที่กิโลเมตร 18 กับปริมาณน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ -

-0.6494 (-0.4536) ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นที่กิโลเมตร 21 กับปริมาณน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์
 -0.6106 (-0.3592) มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 98 %) ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นที่
 กิโลเมตร 24 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.5904 (-0.3593) มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น
 98 %) ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นที่กิโลเมตร 27 กับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยามีค่า
 สหสัมพันธ์ -0.5722 (-0.3103) มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %)

จากค่าสหสัมพันธ์ที่กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่าความเค้นกับปริมาณน้ำที่ปาก
 แม่น้ำเจ้าพระยามีความสัมพันธ์กันในทางลบ ซึ่งนำไปตามสมมติฐานข้อ 3

3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของความเค้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาตามแนวโค้ง กับปริมาณน้ำที่บางไทร

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ ได้ผลดังนี้ ความสัมพันธ์
 ระหว่างความเค้นที่กิโลเมตร 0 กับปริมาณน้ำที่บางไทร มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -0.4940 ความ
 สัมพันธ์ระหว่างความเค้นที่กิโลเมตร 3 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.6334 ความสัมพันธ์ระหว่าง
 ความเค้นที่กิโลเมตร 6 กับปริมาณน้ำ มีค่าสหสัมพันธ์ -0.6946 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น
 ที่กิโลเมตร 9 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ -0.5478 เนื่องจากข้อมูลความเค้นที่กิโลเมตร 9 นี้
 แตกต่างจากทุกข้อ ๆ เนื่องจากมีระยะห่างจากปากแม่น้ำมากขึ้น ฉะนั้นในบางเคื่องจึงไม่มี
 ความเค้นเข้ามาถึงบริเวณนี้ได้ จึงได้ทำการหาค่าสหสัมพันธ์อีกวิธีหนึ่ง โดยการตัดข้อมูลที่ไม่
 สมบูรณ์ออกแล้วนำมาหาค่าสหสัมพันธ์ใหม่ดังเช่นที่กล่าวมาแล้วในข้อ 3.3 ดังนั้นจึงมีค่าสหสัมพันธ์
 เพิ่มขึ้นอีกโดยเขียนต่อท้ายและวงเล็บไว้เพื่อให้เห็นความแตกต่างของค่าสหสัมพันธ์ทั้งสองค่า
 ซึ่งที่กิโลเมตรที่ 9 นี้ได้เท่ากับ -0.5655

ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นที่กิโลเมตร 12 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์
 -0.6305 (-0.7193) ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นที่กิโลเมตร 15 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์
 -0.6405 (-0.7767) ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเค้นที่กิโลเมตร 18 กับปริมาณน้ำเท่ากับ
 -0.6232 (-0.8626) ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเค้นที่กิโลเมตร 21 กับปริมาณน้ำมีค่าเท่ากับ
 -0.5871 (-0.5285) ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นที่กิโลเมตร 24 กับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์
 เท่ากับ -0.5724 (-0.5663) และความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นตามแนวโค้งที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

ที่กิโลเมตร 27 กับปริมาณน้ำที่บางไทร มีค่าสหสัมพันธ์ -0.5541 (-0.5432)

จากค่าสหสัมพันธ์ที่กล่าวมาแล้ว แสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำที่บางไทรมีผลต่อการกระจายของความเค็มที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา และมีความสัมพันธ์กันในทางลบ ซึ่ง
 เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3 เมื่อเปรียบเทียบค่าสหสัมพันธ์ทั้งข้อ 3.2 และ 3.3 แล้วพบว่า
 ค่าสหสัมพันธ์ที่สูงที่สุดอยู่ในบริเวณกิโลเมตรที่ 6 คือ มีค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเค็มกับ
 ปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำ -0.7281 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเค็มกับปริมาณน้ำที่บางไทร เท่ากับ
 -0.6946

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ทาง การกระจายของความถี่ตามแนวตั้งกับปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา และท่งโพธิ์

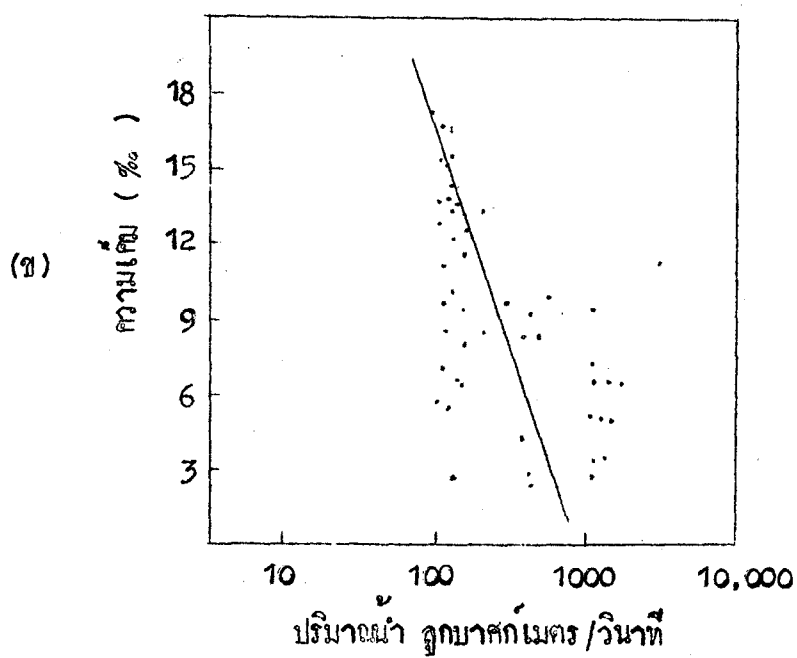
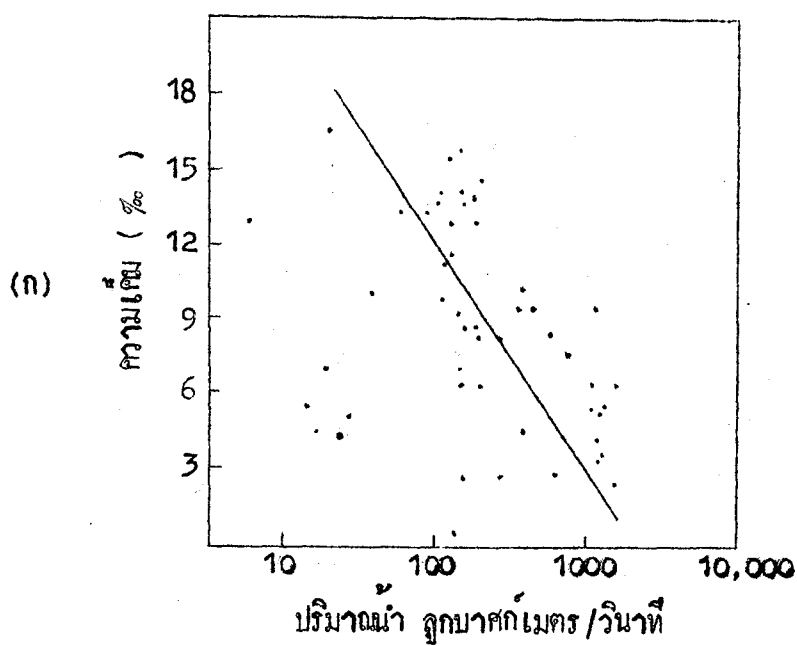
การกระจายของความถี่ ปริมาณน้ำ ที่ปากแม่น้ำและท่งโพธิ์	ความถี่									
	ก.ม. 0	ก.ม. 3	ก.ม. 6	ก.ม. 9	ก.ม. 12	ก.ม. 15	ก.ม. 18	ก.ม. 21	ก.ม. 24	ก.ม. 27
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	-5401	-6647	-7281	-5503 (-4975)	-6403 (-4659)	-6610 (-7308)	-6494 (-4536)	-6106 ** (-3592)	-5904 ** (-3593)	-5722 * (-3103)
ท่งโพธิ์	-4940	-6334	-6946	-5478 (-5655)	-6305 (-7193)	-6405 (-7767)	-6232 (-8626)	-5871 (-5282)	-5724 (-5663)	-5541 (-5432)

*** ค่าสัมประสิทธิ์ความถี่ตามแนวตั้ง 98 % (df = 32)
 ** ค่าสัมประสิทธิ์ความถี่ตามแนวตั้ง 95 % (df = 30)

กราฟที่ 5.8 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มตามแนว Vertical
กิโลเมตรที่ 0 กับ

ก. ปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

ข. ปริมาณน้ำที่บางไทร



4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกตะกอนกับความเค็ม

การศึกษาความสัมพันธ์ในข้อนี้ ได้จากข้อมูลการตกตะกอนที่ทำเรือคลองเตย และความเค็มที่กิโลเมตร 27 จากตารางที่ 2 (ภาคผนวก) จะพบว่าการตกตะกอนมีการกระจายของข้อมูลดังนี้ ในปี 2513 อัตราการตกตะกอนอยู่ระหว่าง 1,900 ถึง 17,000 ลบ.ม.ต่อวัน โดยมีแนวโน้มที่ตะกอนจะตกสูงในระบายนปี คือระหว่างมกราคมถึงพฤษภาคม และจะลดลงระหว่างมิถุนายนถึงธันวาคม สำหรับเดือนธันวาคมปรากฏว่ามีตะกอนสูญหายไป ซึ่งจะพบในปีอื่น ๆ ด้วย เช่น เดือนกันยายน ปี 2514 และ 2515 เดือนพฤศจิกายน ปี 2516 อัตราการตกตะกอนในปี 2514, 2515 และ 2516 อยู่ในช่วงกว้างคือ 2000 ถึง 17,000, และ 500 ถึง 17,000 ลบ.ม.ต่อวัน ตามลำดับ ปี พ.ศ. 2514 ระยะเวลาที่ตะกอนตกมากอยู่ระหว่างเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม และจะตกมากอีกในเดือนตุลาคม ในเดือนกันยายนปรากฏว่ามีตะกอนสูญหายไป ปี พ.ศ. 2515 เดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม เป็นระยะที่ตะกอนตกมาก และมีตะกอนสูญหายในเดือนกันยายนประมาณ 1000 ลบ.ม.ต่อวัน ปี พ.ศ. 2516 เดือนที่ตะกอนตกมากกระจายกันออกไปเป็น 2 ระยะ คือในระยะต้นปี จนถึงเดือนกรกฎาคม อีกระยะหนึ่งคือในเดือนตุลาคม และมีตะกอนสูญหายในเดือนพฤศจิกายน จากข้อมูลในรอบ 4 ปี พบว่าระยะที่มีการตกตะกอนสูงจะมีแนวโน้มอยู่ในช่วงเดียวกัน

เมื่อนำข้อมูลระหว่างปริมาณการตกตะกอนกับความเค็มที่ทำเรือคลองเตยมาหาความสัมพันธ์ พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ .2248 ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์ไม่มากนัก.

อภิปรายผลการค้นคว้า

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการตกตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยพิจารณาจากองค์ประกอบ 4 อย่าง ได้แก่ อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ ตะกอนน้ำพา และความเค็มจากน้ำทะเล เมื่อนำมาอภิปรายผลการค้นคว้าได้แบ่งออกเป็น 4 ตอนดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยากับปริมาณการตกตะกอนที่ร่องน้ำสันดอน

2. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ ปริมาณน้ำและตะกอนน้ำพา

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มจากน้ำทะเลกับปริมาณน้ำ

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกตะกอนกับความเค็มจากน้ำทะเล

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยากับปริมาณการตกตะกอนที่ร่องน้ำสันดอน

ตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำ เป็นตะกอนที่ไถ่มีการเคลื่อนย้ายมาตามลำน้ำ โดยถือว่าเป็นจำนวนตะกอนน้ำพาของทั้งแม่น้ำที่ไหลออกสู่อ่าวไทย ซึ่งตะกอนเหล่านี้เมื่อออกสู่น้ำทะเลภายนอก ส่วนหนึ่งอาจตกตะกอนจมลงสู่ท้องน้ำ อีกส่วนหนึ่งอาจถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำ และอาจมีบางส่วนที่อาจถูกกั้นขึ้นมาจากท้องน้ำ ถูกทำให้เป็นตะกอนน้ำพาอีกครั้งหนึ่งด้วยแรงของคลื่น, ลม และกระแสน้ำ ตลอดจนการกระทำอื่น ๆ ลักษณะการกระจายของตะกอนเหล่านี้มีธรรมชาติเป็นทวีคูณและอยู่นอกเหนือการควบคุมของมนุษย์ เนื่องจากมีลักษณะเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ จึงมีความเปลี่ยนแปลงและแปรปรวนไปตามสิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว เช่น จากข้อมูลที่ได้พบว่าในบางระยะจะมีตะกอนน้ำพาที่ไหลออกสู่ทะเลแล้วไหลวนกลับไหลเข้ามาในแม่น้ำอีก และโดยทางทฤษฎีแล้วตะกอนที่ไหลออกสู่อ่าวไทยก็จะมี การตกทับถมกันในบริเวณใกล้ ๆ กับปากแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้นตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จึงน่าจะมีความสัมพันธ์กับตะกอนที่ตกที่ร่องน้ำสันดอน ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ ได้ค่าสหสัมพันธ์ .1095 ซึ่งแสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันอย่างมาก เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากขอบพ้องในการคำนวณ, เครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณ และประการสุดท้าย อาจเกิดจากตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันเช่นนี้จริง ในกรณีที่เกิดจากประการที่สาม

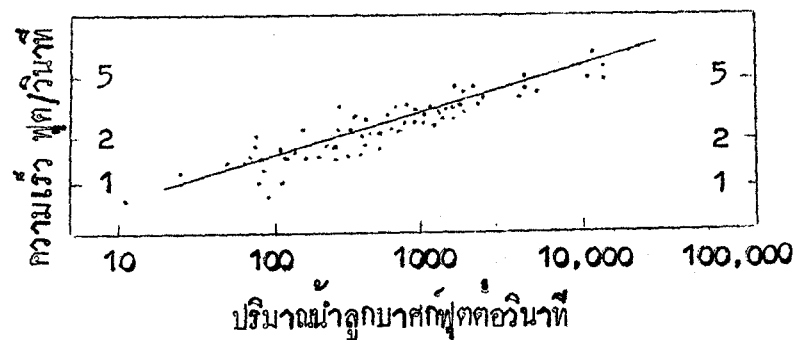
อาจอธิบายได้ว่า จากลักษณะของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติในบริเวณปากแม่น้ำที่ความแปรปรวนมาก นอกจากคลื่น, กระแสน้ำ แล้วลมก็เป็นตัวการสำคัญอีกตัวการหนึ่งที่มีบทบาทต่อการไหลของตะกอนน้ำพา รวมทั้งปริมาณน้ำจากแม่น้ำจะนำเอาตะกอนไหลออกสู่ทะเลภายนอก ในร่องน้ำสันดอนเมื่อพิจารณาจากแผนที่จะเห็นได้ว่า มีบางระยะที่ตะกอนได้ถูกพัดพาหายไป แต่หลังจากนั้นไม่นานกลับปรากฏว่ามีตะกอนตกมาตามชาย ซึ่งอาจจะเป็นช่วงที่มีการตาย เทของตะกอนอันอาจจะเกิดจากกระแสน้ำ คลื่น หรือลมอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ อีกประการหนึ่งก็เนื่องมาจากทะเลในบริเวณแนวร่องน้ำสันดอนมีความกว้างมาก และไม่มีตัวการใดที่จะมาควบคุมให้ตะกอนตกเฉพาะที่หนึ่งที่ได้ ดังนั้นตะกอนน้ำพาเมื่อออกสู่ทะเลก็จะมีกระกระจายไปอย่างเสรี ความแรงของคลื่นลมต่าง ๆ ควบคู่สาเหตุกลวข้างตน อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามก็ยังมีความสัมพันธ์กันในทางบวกอยู่

2. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำ ปริมาณน้ำและตะกอนน้ำพา

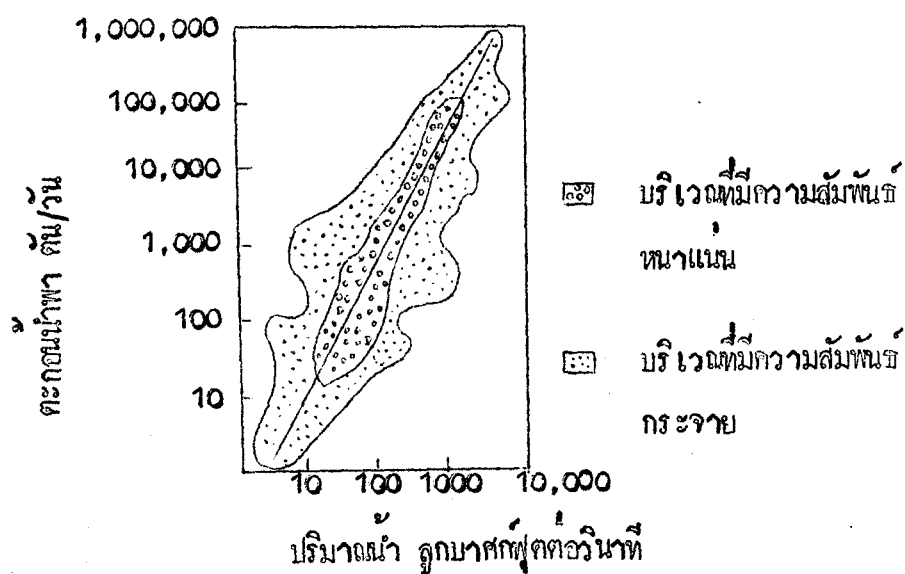
2.1 ปากแม่น้ำเจ้าพระยา

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสามนี้ ผู้เขียนได้แบ่งการศึกษาออกเป็นหลายแบบและหลายแห่งด้วยกัน คือที่บางไทร และที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา จากผลของการศึกษาคงแสดงในตารางที่ 1 ปรากฏว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณน้ำ และความเร็วกับตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา มีค่าสหสัมพันธ์ .300 และ .2467 ซึ่งทั้งสองค่าต่างก็มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ความเร็วของน้ำจะเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่ออัตราความเร็วเพิ่มขึ้น ตะกอนน้ำพาที่ไหลผ่านก็จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนน้ำพาเท่ากับ .6795 แสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นตะกอนน้ำพาที่จะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ในทางบวก

จากการศึกษาของลีโอด (Leopold) และ แมคค็อก (Maddock) ได้แสดงให้เห็นว่า ความเร็วกับปริมาณน้ำมีความสัมพันธ์กันในทางบวก คือยิ่งมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ความเร็วของน้ำจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และได้ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำกับตะกอนน้ำพาที่แม่น้ำพาเวอร์ (Powder) พบว่ามีความสัมพันธ์เช่นกัน (Chorley: 1969:320-328)



กราฟที่ 6.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับปริมาณน้ำ
ที่แม่น้ำพาวเดอร์ (Powder River) จากการศึกษ
ของลีโอโพลและแมคค็อก



กราฟที่ 6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตะกอนน้ำพา กับปริมาณน้ำ
ของแม่น้ำพาวเดอร์ จากการศึกษของลีโอโพลและ
แมคค็อก

เมื่อเปรียบเทียบผลของการศึกษา แสดงให้เห็นว่าการศึกษาที่แม่น้ำเจ้าพระยา กับแม่น้ำพาว เปรียบเทียบผลของการศึกษา และความสัมพันธ์ของทั้ง 3 ตัวแปรที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ อาจอธิบายได้ว่า อัตราความเร็วของน้ำจะเพิ่มขึ้นในระบอบที่มีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น ช่วงที่มีปริมาณน้ำมากในแม่น้ำเจ้าพระยาเริ่มประมาณเดือนมิถุนายน จนถึงพฤศจิกายน ในระยะนี้ น้ำจากแม่น้ำสาขาต่าง ๆ จะไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งเป็นสายใหญ่ น้ำเอากะกอนต่าง ๆ มาควย เช่นกัน ปริมาณน้ำยิ่งมากจะยิ่งมีความสามารถในการพาตะกอนน้ำพาไ้มาก ตัวแปรทั้งสามจึงมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน

2.2 บางไทร

ลักษณะของแม่น้ำเจ้าพระยาที่บางไทรแตกต่างจากบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจากเป็นจุดที่ลำน้ำสาขาแม่น้ำเจ้าพระยาได้ไหลมารวมเป็นแม่น้ำสายเดียวอย่างแท้จริง จึงเป็นบริเวณที่มีปริมาณน้ำ ตะกอนน้ำพาจากทุกสาขาของแม่น้ำซึ่งอยู่ในภูมิประเทศต่าง ๆ ทางเหนือไหลมารวมกัน แม่น้ำมีสายใหญ่ขึ้นและมีทิศทางไหลสู่อ่าวไทย คอยเห่อยู่ที่อยู่ห่างจากทะเลเข้ามาประมาณ 112 กิโลเมตรตามความยาวของลำน้ำ จึงไม่ได้รับความกระทบกระเทือนจากน้ำเค็มเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งข้อนี้แตกต่างจากปากแม่น้ำซึ่งต้องได้รับความกระทบกระเทือนและความแปรปรวนต่าง ๆ ตลอดจนน้ำเค็มที่เข้ามาเมื่อถึงอ่าวไทย ในบริเวณปากแม่น้ำ ทิศทางการไหลของน้ำและตะกอนจึงมีทิศทางเดียวมุ่งสู่ปากแม่น้ำและอ่าวไทย จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็ว ปริมาณน้ำและตะกอนน้ำพาที่บางไทรได้ผลดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับปริมาณน้ำมีค่าสหสัมพันธ์ .7702 ซึ่งแสดงว่าอัตราความเร็วจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำเพิ่มขึ้น และอัตราความเร็วลดลงเมื่อปริมาณน้ำลดลง เช่นเดียวกับการสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับตะกอนน้ำพา และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนน้ำพา ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์ .5702 และ .6525 ตามลำดับ ในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วกับตะกอนน้ำพา มีความสัมพันธ์กันในแง่ที่ว่ามีความเร็วสูง ย่อมจะทำให้วัตถุและสารต่าง ๆ ที่มากับน้ำไหลไปควยความเร็วสูงควย และเนื่องด้วยตะกอนน้ำพาเป็นวัตถุขนาดเล็กที่ไหลไปกับน้ำได้โดยสะดวก จึงมีความคล่องตัวในการเคลื่อนย้าย ในบางขณะก็จะตกลงทับถมลงในท้องน้ำ เมื่อความเร็วของน้ำลดลง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำกับตะกอนน้ำพาที่ได้จากการศึกษา

โคคาสสัมพันธไมสูงนัก มีความสัมพันธ์กันในทางบวก ซึ่งแสดงว่าปริมาณน้ำมากจะทำให้ตะกอนน้ำพามากตามไปด้วย ด้วยเหตุนี้ ช่วงเวลาที่เป็นฤดูฝน พื้นที่รวมประเทศจะถูกชะล้างกัดกร่อนมาก เศษวัตถุ หิน ดิน เหล่านี้ เมื่อมีขนาดเล็กก็จะแขวนลอยมากับน้ำ จึงมีแนวโน้มที่จะมีตะกอนน้ำพามากตามไปด้วย ส่วนในช่วงที่เป็นฤดูแล้ง การพังทลายโดยน้ำเกิดขึ้นได้น้อย ตัวการที่จะนำตะกอนต่าง ๆ มากมีน้อย ทำให้ปริมาณของตะกอนที่จะไหลมาคือน้ำน้อยลง

2.3 การศึกษาความสัมพันธ์โดยใช้ตาราง Matrix

การศึกษาวินิจฉัยเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ของแต่ละแห่ง เพื่อประโยชน์ในการศึกษาได้ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น จากตาราง Matrix ข้อ 2.3 จะพบว่า มีตัวแปรในเรื่อง อัตราความเร็ว ปริมาณน้ำ และตะกอนน้ำพา ทั้งที่ปากแม่น้ำและที่บางไพร ด้วยเหตุที่สถานีทั้ง 2 แห่ง อยู่ในแม่น้ำสายเดียวกัน แต่แห่งหนึ่งอยู่ที่ปากแม่น้ำ ส่วนอีกแห่งหนึ่งเป็นบริเวณที่เป็นเสมือนจุดรวมของแม่น้ำสายใหญ่ จากตาราง คาสสัมพันธระหว่างปริมาณน้ำที่บางไพรและปากแม่น้ำเท่ากับ .9867 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำในแม่น้ำสายเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กัน ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่บางไรมากเท่าใด จะไหลสู่ปากแม่น้ำด้วยปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับตะกอนน้ำพาที่ไหลผ่านบางไพร จะมีแนวโน้มที่จะไหลสู่ปากแม่น้ำ ในอัตราที่ไม่แตกต่างกันนัก คาสสัมพันธที่ได้จากการศึกษาเท่ากับ .9455 สิ่งที่น่าสนใจก็คือ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเร็วของทั้ง 2 แห่ง มีความสัมพันธ์กันไม่มาก คาสสัมพันธ .2034 สาเหตุอาจเนื่องมาจากความแปรปรวนต่าง ๆ บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งได้รับอิทธิพลจากทะเล เช่น ความเร็วของน้ำ เมื่อออกสู่ปากแม่น้ำจะช้าลง เพราะการปะทะกันของน้ำทะเลและน้ำจืด ในบางระยะเช่นในช่วงฤดูแล้ง น้ำเค็มไหลเข้าสู่แม่น้ำ ความเร็วของน้ำจืดและน้ำเค็มเมื่อปะทะกันจะทำให้ความเร็วของน้ำลดลง สาเหตุอื่น ๆ อาจเกิดจาก คลื่นลม ต่าง ๆ ที่ทำให้ความเร็วของน้ำเปลี่ยนแปลงไป

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มจากน้ำทะเลกับปริมาณน้ำ

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลได้พบว่าตัวแปรทั้ง 2 ความสัมพันธ์กันในทางลบ ซึ่งหมายความว่า การเพิ่มขึ้นของตัวแปรหนึ่งจะมีผลให้อีกตัวแปรหนึ่งมีค่าลดลง นั่นคือ เมื่อความเค็มจากน้ำทะเลเข้าสู่แม่น้ำมากขึ้นก็แสดงว่าในระยะนั้นปริมาณน้ำในแม่น้ำได้ลดน้อยลง และเมื่อ

น้ำทะเลอบร่นลงสู่ทะเลก็แสดงว่ามีน้ำจากแม่น้ำไหลออกสู่ทะเลมาก สาเหตุเนื่องจากในฤดูฝน มีฝนตกสม่ำเสมอ น้ำในแม่น้ำจึงมีระดับสูง เมื่อไหลลงสู่ทะเลจะผลักดันน้ำทะเลที่ไหลเอ่อเข้ามา ในระยะฤดูแล้งให้ถอยร่นไป เป็นผลให้น้ำเค็มบริเวณปากแม่น้ำมีความเค็มเจือจางลงหรืออาจไม่มีความเค็มอยู่เลยก็ได้ ตรงกันข้ามกับในฤดูแล้ง เนื่องจากช่วงนี้ขาดฝน น้ำในแม่น้ำมีระดับต่ำ ในบริเวณปากแม่น้ำจะมีน้ำทะเลหนุนขึ้นมาและไหลเอ่อเข้าสู่แม่น้ำได้ อาจเข้ามาได้ถึงประมาณ กิโลเมตรที่ 60 - 70 ในระยะนี้บริเวณปากแม่น้ำจะมีความเค็มสูงและค่อย ๆ ลดต่ำลง เมื่อเข้ามาไกลจากปากแม่น้ำมากขึ้น ในทางเศรษฐกิจได้พบว่าความเค็มของน้ำทะเลมีผลต่อการทำสวนของเกษตรกรในบริเวณใกล้เค็มๆ ทำให้พืชไม่ออกผลและจะตายในที่สุด ซึ่งปัญหานี้ควรจะได้ศึกษาข้อมูลและแก้ไข เพื่อช่วยให้เกษตรกรสามารถปลูกพืชต่าง ๆ ได้

เมื่อวิเคราะห์ผลจากการศึกษาความเค็มในแนวนอนและแนวตั้ง พบว่าความเค็มตามแนวนอนในระยะลึกที่แตกต่างกันจะให้ค่าสหสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน เนื่องจากน้ำที่มีความเค็มมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำจืด จึงมักจะอยู่ตอนล่างและน้ำจืดอยู่ตอนบนของน้ำ ค่าสหสัมพันธ์จะค่อยเพิ่มขึ้นและสูงสุดในระยะลึกจากผิวหน้า 2 เมตร หลังจากนั้นจะลดลงอีก ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มตามแนวตั้งกับปริมาณน้ำพบว่า ที่กิโลเมตรที่ 6 มีค่าสหสัมพันธ์สูงสุดและลดลงเมื่อเข้ามาตามลำน้ำ ซึ่งสรุปได้ว่าความเค็มที่แบ่งศึกษาทั้งตามแนวตั้งและแนวนอน ทางก็มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำของแม่น้ำในทางลบ

ในการเปรียบเทียบโดยใช้ปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำ และที่บางไทร กับความเค็ม พบว่าปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำกับความเค็มให้ค่าสหสัมพันธ์สูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ที่บางไทร ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณน้ำที่ปากแม่น้ำจะมีผลต่อความเค็มมากกว่าปริมาณน้ำที่บางไทร สาเหตุอาจเป็นเพราะ บางไทรอยู่ไกลจากบริเวณที่น้ำเค็มเข้าสู่แม่น้ำ และในช่วงเวลาเดียวกันนั้น น้ำที่บางไทรไม่มีผลต่อความเค็มอย่างเห็นได้เด่นชัด ถ้าหากได้แบ่งระยะเวลาเสียใหม่ โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำกับความเค็มที่อาจช้าหรือเร็วกว่ากัน อาจได้ค่าสหสัมพันธ์มากกว่านี้ หรืออาจจะได้ความสัมพันธ์ในแบบที่เรียกว่าสหสัมพันธ์แบบล่าช้า (lagged correlation)

๔. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการตกตะกอนกับความเค็มจากน้ำทะเล

เมื่อน้ำเค็มกับน้ำจืดพบกัน จะมีผลให้ความเร็วของทั้งสองฝ่ายลดลง มีการคลุกเคล้าระหว่างน้ำที่มีความหนาแน่นต่างกัน ภาวะเช่นนี้จึงเอื้ออำนวยให้มีการตกตะกอน จึงได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตกตะกอนกับความเค็ม ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ค่าสหสัมพันธ์ .2248 ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์ไม่มากนัก แต่อย่างไรก็ตาม ก็ได้พบว่าการตกตะกอนกับความเค็มมีความสัมพันธ์กันในทางบวก เนื่องจากลักษณะของข้อมูลเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เมื่อได้ค่าสหสัมพันธ์เช่นนี้ อาจอธิบายได้ว่า ความเค็มเป็นเพียงตัวการอื่นหนึ่งในหลาย ๆ อย่างที่มีความเกี่ยวข้องกับการตกตะกอน เราไม่อาจกล่าวได้ว่า จะต้องมีความเค็มจึงจะมีการตกตะกอนได้ เพราะขบวนการทางธรรมชาติ เป็นสิ่งที่ไม่สามารถอธิบายได้โดยขบวนการอันใดอันหนึ่งเพียงขบวนการเดียว

ข้อบกพร่องในการศึกษาครั้งนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลในช่วง 4 ปี เท่านั้น การศึกษาถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติน่าจะได้ใช้ข้อมูลมากกว่านี้ จะทำให้ข้อเท็จจริงมากยิ่งขึ้น แต่เนื่องจากขาดข้อมูลประกอบกับระยะเวลาในการศึกษา อาจทำให้การศึกษาค้างนี้ไม่ลึกซึ้งเท่าที่ควร
2. เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาจากตัวเลขที่ทำการจดบันทึกในสนาม ดังนั้นการวิเคราะห์และอภิปรายผลจึงขึ้นอยู่กับข้อมูลเป็นสำคัญ
3. ในบางระยะข้อมูลที่ได้อาจไม่สมบูรณ์ เกิดจากปัญหาทางเทคนิคบางประการ เช่น เครื่องมือวัดค่าของเป็นต้น ในการคำนวณทางสถิติได้ตัดข้อมูลในช่วงที่ไม่สมบูรณ์ออกไป
4. เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ออกไปทำการสำรวจจริงในสนาม จึงมีข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นได้ เพราะไม่ได้ศึกษาในบริเวณนั้นด้วยตนเอง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ควรจะได้นำเอาลักษณะภูมิอากาศเข้ามาร่วมในการพิจารณาการตกตะกอนด้วย เช่น ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น
2. ในการศึกษาวิจัยต่อไป ควรจะแบ่งการศึกษาออกเป็นแต่ละลุ่มน้ำ แล้วศึกษาถึง

จำนวนตะกอน, ปริมาณน้ำฝน, พืชพรรณในบริเวณนั้น ฯลฯ อาจนำมาอธิบายการตกตะกอนได้ละเอียดลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น

3. ควรจะได้ทำการศึกษาถึงผลของการตกตะกอนที่มีต่อรูปร่างของลำน้ำ และลักษณะภูมิประเทศใกล้เคียง

4. ควรจะได้ศึกษาถึงผลของความเค็มจากน้ำทะเลที่มีผลต่อการเกษตรกรรม

5. ควรจะได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการตกตะกอนกับภูมิประเทศ โดยใช้ระบบทางจีโอมอร์โฟโลจี (geomorphology) มาอธิบาย.

๖๖
บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน (1:1,000,000).

กรมแผนที่ทหาร แผนที่โดมแสดงทรัพยากรของประเทศไทย กองแผนที่ภูมิศาสตร์, 2515
69 หน้า.

การทำเรือแห่งประเทศไทย แผนที่แม่น้ำเจ้าพระยามฤตยส่วน 1:20,000
และ 1:200,000.

ราชบัณฑิตยสถาน พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ โรงพิมพ์ศูนย์การทหารราบ 2516, 448 หน้า.

สภาว เสนาณรงค์ ภูมิศาสตร์ประเทศไทย ไทยวัฒนาพานิช 2516, 418 หน้า.

Arguello, Ottoniel, "Discharge Model of the Mississippi River :
Evaluation of the impact of Diversion of water to Texas"
Dissertation Abstract International, November 1972,
Vol. 33 : 2 p. 2056-B.

Chorley, Richard J., Water, Earth and Man Methuen & Co. Ltd., London,
1969, 588 pp.

Dury, George H., Perspectives on Geomorphic Processes Association
of American Geographers, Washington D.C., 1969, 56 pp.

Engstrom, Wayne N., Spatial Patterns in Beach Morphology and
Sedimentology in the Apostle Islands of Northern Wisconsin
Dissertation Abstract International April 1972, Vol 32 : 10
p. 668 B.

Fullam, Timothy Jewell, "The Measurement of Bedload from Sand Wave
Migration in Bonneville Reservoir on the Columbia River"
Dissertation Abstract International, May 1970, Vol 30 : 11,
p. 5099-B.

Gottschalk, L.C., "Effect of Soil Erosion on Navigation in Upper
Chesapeake Bay" Geographical Review, The American Geographical
Society of New York, New York, April 1945, pp. 175 - 348.

Gregory, S., Statistical Methods and the Geographer, Longmans Green
and Co-Ltd, London, 1968, 277 pp.

- Haggett, Peter, Geography : A Modern Synthesis, Harper & Row Publishers, Inc., Singapore, 1972, 483 pp.
- Haggett, Peter Models in Geography Methuen & Co. Ltd., London, 1968, pp. 609 - 664.
- Hodgins, Larry Edwin, "Morphology of the South Saskatchewan River Valley, Outlook to Saskatoon" Dissertation Abstract International, July 1971, Vol 32 : 1, p. 369 B.
- Khan, A.K.M Hamidur Rahman "Laboratory Study of Alluvial River Morphology" Dissertation Abstract International, November 1971, Vol 32 : 5, p. 260 B.
- Knox, James Clarence, "Stream Channel Adjustment to Physiographic Factors in Small Drainage Basins : Iowa and Southwestern Wisconsin" Dissertation Abstract International, 1970, Vol 31 : 6, p. 3473 B.
- Leopold, L.B., Wolman M.G. and Miller, J.P., Fluvial Processes in Geomorphology, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1964, 522 pp.
- Longwell, C.R., Flint R.F. and Sanders J., Physical Geology, John Wiley and Son Inc., New York, 1969, 685 pp.
- Luternauer, John Leland "Pattern of Sedimentation in Queen Charlotte Sound, British Columbia" Dissertation Abstract International, December 1972, Vol 33 : 6, p. 2725 B.
- Moore, W.G. A Dictionary of Geography, Penguin Books, England, 1968, 234 pp.
- Netherlands Engineering Consultants (NEDECO), Siltation Bangkok Port Channel, Volume II, July 1965, 474 pp.
- Oertel II, George Frederick, "Sediment-Hydrodynamic Interrelationships at the Entrance of the Doboy Sound Estuary, Sapelo island, Georgia" Dissertation Abstract International, November 1971, Vol 32:5, p. 2800 B.
- Oostdam, Bernard Lodwijk, "Suspended Sediment Transport in Delaware Bay" Dissertation Abstract International, May 1972, Vol 32 : 1, p. 6477 B.
- Pederson, Darryll T., "Erosion and Sedimentation in Lake Ashtabula South Eastern North Dakota" Dissertation Abstract International, June 1972, Vol 32 : 12, p. 7177 B.

Pendleton, Robert L., Thailand, Duell, Sloan and Pearce, New York, 1962, 321 pp.

Robert, William Patrick, "Sediments and Suspended Particulate Matter of The Patuxent River Drainage Basin, Maryland" Dissertation Abstract International, March 1972, Vol 32 : 9 p.5259 - 5260 B.

Sawat Senanarong, Rice Growing in Menam Delta, Master's Thesis, Clark University, 1953, 81 pp.

Shue Tuck Wong, "A Multivariate Statistical Model for Predicting Mean Annual Flood in the New England" Spatial Analysis Prentice-Hall, Inc., New York, 1968, pp. 353 - 367.

Smith, Terence Robert, "Conservation Principles and Stability in the Evolution of Drainage Systems" Dissertation Abstract International, December 1972, Vol 33 : 6, p. 2789 B.

Stoddart, D.R., "World Erosion and Sedimentation" Water, Earth and Man, Methuen & Co. Ltd., 1969, pp. 43 - 63.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนตะกอนตกที่ร่อนน้ำสันดอน พ.ศ. 2513 - 2516
(หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

เดือน	2513	2514	2515	2516
มกราคม	20,287.709	16,652.129	-1,701.483	19,177.870
กุมภาพันธ์	-3,360.655	4,077.448	37,025.743	28,278.310
มีนาคม	30,405.225	10,935.838	-3,729.838	26,403.451
เมษายน	3,542.600	18,299.466	16,708.566	12,091.533
พฤษภาคม	10,912.639	8,155.774	4,294.967	17,590.225
มิถุนายน	1,442.766	6,897.233	20,854.966	-8,517.900
กรกฎาคม	25,250.512	18,968.387	28,262.612	10,329.033
สิงหาคม	18,738.483	25,254.322	18,795.838	23,616.129
กันยายน	23,539.000	7,235.300	31,983.166	11,743.333
ตุลาคม	-5,233.451	31,381.193	10,111.870	17,061.290
พฤศจิกายน	8,513.866	6,809.2	10,640.833	1,403.333
ธันวาคม	12,051.709	4,123.193	2,475.129	8,896.774

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนตะกอนตกที่ท่าเรือคลองเตย 2513 - 2516
(หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

เดือน	2513	2514	2515	2516
มกราคม	5,528.000	7,226.000	9,478.161	5,994.580
กุมภาพันธ์	17,783.068	128.965	6,844.068	9,284.655
มีนาคม	11,662.000	7,841.258	4,159.032	10,465.580
เมษายน	20,148.066	17,100.300	5,722.233	8,323.100
พฤษภาคม	5,515.548	12,792.774	4,857.354	9,946.451
มิถุนายน	1,948.066	4,714.600	14,550.433	12,340.733
กรกฎาคม	5,073.741	11,874.838	11,353.258	15,378.258
สิงหาคม	6,786.677	2,433.838	17,806.032	1,906.516
กันยายน	4,639.700	-3,736.966	-1,183.366	1,922.833
ตุลาคม	2,138.361	11,553.935	6,698.838	10,036.129
พฤศจิกายน	4,762.233	7,774.000	551.433	-1,235.733
ธันวาคม	-1,656.290	7,577.774	2,287.032	1,146.129

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณน้ำไหลผ่านพินทนาตคตปากแม่น้ำเจ้าพระยา
พ.ศ. 2513 - 2516 (หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรวินาที
เฉลี่ยแต่ละเดือน)

เดือน	2513	2514	2515	2516
มกราคม	214	336	80	237
กุมภาพันธ์	138	231	189	237
มีนาคม	206	33	167	55
เมษายน	90	128	135	11
พฤษภาคม	226	140	61	301
มิถุนายน	805	347	165	385
กรกฎาคม	1309	364	239	208
สิงหาคม	1252	641	245	231
กันยายน	1600	1325	850	593
ตุลาคม	2163	1299	901	1038
พฤศจิกายน	1782	734	637	545
ธันวาคม	1200	638	820	701

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณน้ำไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่บางไทร กิโลเมตรที่ 112
 พ.ศ. 2513 - 2516 (หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร ต่อวินาที
 เฉลี่ยแต่ละเดือน)

เดือน	2513	2514	2515	2516
มกราคม	212	407	340	279
กุมภาพันธ์	150	159	231	148
มีนาคม	123	129	161	136
เมษายน	110	127	146	121
พฤษภาคม	274	138	113	155
มิถุนายน	791	179	199	232
กรกฎาคม	1261	173	176	150
สิงหาคม	1471	598	183	243
กันยายน	2095	1394	932	734
ตุลาคม	2973	1563	1158	1879
พฤศจิกายน	2148	769	578	624
ธันวาคม	1159	776	1071	675

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณตะกอนน้ำพาที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา พ.ศ.2513 - 2516
(หน่วยเป็นตันต่อวินาที เฉลี่ยแต่ละเดือน)

เดือน	2513	2514	2515	2516
มกราคม	.0308	.0445	.0070	.0342
กุมภาพันธ์	.0360	.0276	.0192	.0101
มีนาคม	.0974	.0127	F.0015	.0103
เมษายน	.0309	F.0147	.0271	F.0192
พฤษภาคม	.0322	.0039	.0021	.0170
มิถุนายน	.5829	.0552	.0187	.0502
กรกฎาคม	.7252	.0459	.0028	.0174
สิงหาคม	.7135	.3036	.0152	.0427
กันยายน	.4247	.3452	.2938	.1756
ตุลาคม	.3414	.2129	.1756	.1752
พฤศจิกายน	.1598	.0791	.1210	.0700
ธันวาคม	.1318	.0572	.0910	.0436

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณตะกอนน้ำพาที่บางไทร พ.ศ. 2513 - 2516
(หน่วยเป็นตันต่อวินาที เฉลี่ยแต่ละเดือน)

เดือน	2513	2514	2515	2516
มกราคม	.0181	.0312	.0160	.0148
กุมภาพันธ์	.0160	.0198	.0086	.0059
มีนาคม	.0143	.0132	.0052	.0087
เมษายน	.0120	.0094	.0075	.0094
พฤษภาคม	.0571	.0236	.0125	.0115
มิถุนายน	.2668	.0425	.0266	.0356
กรกฎาคม	.4160	.0278	.0207	.0173
สิงหาคม	.5713	.0922	.0159	.0244
กันยายน	.3850	.1365	.1104	.1545
ตุลาคม	.1482	.1365	.1104	.1545
พฤศจิกายน	.0781	.0440	.0326	.0304
ธันวาคม	.0695	.0343	.0498	.0235

ตารางที่ 7 แสดงอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยา
พ.ศ. 2513 - 2516 (หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที)

เดือน	2513	2514	2515	2516
มกราคม	.5830	.6575	.6260	.6440
กุมภาพันธ์	.5371	.6586	.5817	.6893
มีนาคม	.5886	.6366	.5716	.5713
เมษายน	.6443	.6699	.6196	.5961
พฤษภาคม	.6546	.7668	.6661	.6954
มิถุนายน	.7511	.7460	.7331	.6225
กรกฎาคม	.7410	.7176	.6279	.6092
สิงหาคม	.6602	.7428	.6250	.6059
กันยายน	.7320	.7713	.6870	.5571
ตุลาคม	.7500	.8023	.6570	.7146
พฤศจิกายน	.9043	.7783	.6182	.4775
ธันวาคม	.9163	.8390	.6012	.5721

ตารางที่ 8 แสดงอัตราความเร็วเฉลี่ยของน้ำที่บางไทร พ.ศ. 2513 - 2516
(หน่วยเป็นเมตร ต่อวินาที)

เดือน	2513	2514	2515	2516
มกราคม	.3600	.3440	.4166	.3131
กุมภาพันธ์	.3505	.3419	.3264	.3040
มีนาคม	.3975	.3831	.3078	.3241
เมษายน	.4198	.3303	.3186	.2853
พฤษภาคม	.3903	.3603	.3893	.3275
มิถุนายน	.4196	.3365	.3791	.3106
กรกฎาคม	.7180	.3148	.3593	.3390
สิงหาคม	.7403	.3810	.3923	.3419
กันยายน	.8050	.6186	.4260	.3458
ตุลาคม	.9190	.6190	.5690	.6910
พฤศจิกายน	.6826	.4313	.3457	.4326
ธันวาคม	.5793	.4963	.5290	.4313

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณความเค็มจากน้ำทะเลเนื้ตามแนวตั้งทุกไคเมตรที่ 0, 3, 6, 9 และ 12 ตามลำนํ้าเจ้าพระยา พ.ศ. 2513 - 2516
(หน่วยเป็นกรัมตอกิโลกรัม, ‰)

	ก.ม. 0	ก.ม. 3	ก.ม. 6	ก.ม. 9	ก.ม. 12
1	13.655	12.415	10.49	9.335	7.615
2	13.79	17.37	9.18	7.025	6.915
3	13.72	12.42	10.27	8.86	7.35
4	13.10	10.185	8.57	6.87	5.325
5	8.09	7.285	5.06	3.9	3.08
6	8.425	3.895	3.64	2.915	1.655
7	5.02	0.945	0.415	0.175	0.1
8	3.155	2.165	0.53	0.1	0.05
9	3.55	0.92	-	-	-
10	6.980	2.520	0.34	-	-
11	5.685	1.43	0.75	-	-
12	9.38	4.295	1.67	0.505	0.185
13	8.345	6.42	6.32	5.505	5.885
14	15.465	12.215	10.39	9.565	8.925
15	16.795	15.015	12.38	10.48	8.44
16	13.545	14.03	12.50	23.03	14.515
17	11.215	8.325	7.44	5.10	3.24
18	14.165	12.45	10.625	9.655	8.135
19	8.795	5.95	5.135	2.975	7.615
20	4.735	0.525	0.2	0.17	6.915
21	4.09	1.425	0.055	-	7.35
22	6.69	3.375	2.725	2.440	5.325
23	2.425	3.06	1.0	0.865	3.08
24	10.215	4.36	2.715	0.680	1.655
25	13.71	9.885	8.17	5.99	0.1

ตารางที่ 9 (ต่อ)

	ก.ม. 0	ก.ม. 3	ก.ม. 6	ก.ม. 9	ก.ม. 12
26	12.85	10.755	9.375	7.155	0.05
27	15.44	11.675	11.77	9.975	-
28	9.88	6.535	5.775	4.37	-
29	10.13	10.545	9.93	8.925	-
30	11.835	8.38	8.42	6.25	0.185
31	15.255	12.495	12.20	10.06	5.885
32	2.605	1.59	1.17	0.695	8.925
33	7.15	3.29	2.24	0.580	8.44
34	9.5	6.155	4.84	3.24	14.515
35	2.94	1.555	0.78	0.41	3.24
36	9.46	8.245	7.17	6.04	8.135
38	5.660	5.055	4.910	3.52	0.11
39	5.765	5.2	4.565	4.25	-
40	12.72	9.22	8.43	7.185	-
41	6.49	4.885	4.25	3.675	2.605
42	0.65	0.61	0.55	0.48	0.4
43	6.22	5.275	3.18	2.335	1.99
44	2.91	1.66	0.59	0.125	0.05
45	5.02	1.585	0.615	0.165	-
46	8.23	7.395	5.145	3.69	1.640
47	9.285	10.015	4.28	2.915	2.175

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณความเค็มจากน้ำทะเลเค็มตามแนวตั้งที่กิโลเมตรที่ 15, 18, 21, 24 และ 27 ตามลำน้ำเจ้าพระยา พ.ศ.2513 - 2516 (หน่วยเป็นกรัมต่อกิโลกรัม, ‰)

	ก.ม.15	ก.ม.18	ก.ม.21	ก.ม.24	ก.ม.27
1	5.05	3.57	3.015	2.085	1.315
2	5.775	3.495	2.690	2.255	1.81
3	6.065	4.055	3.32	2.585	1.88
4	4.435	2.79	2.38	2.035	1.43
5	2.34	1.6	1.275	0.975	0.39
6	1.19	0.415	0.22	0.175	0.15
7	0.1	0.05	-	-	-
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-
12	0.05	-	-	-	-
13	2.58	1.875	1.25	0.36	0.155
14	7.24	6.175	4.865	3.85	2.805
15	6.755	5.375	4.595	2.935	2.16
16	7.65	6.16	5.46	3.265	2.275
17	2.54	1.605	1.025	0.75	0.305
18	6.99	5.405	4.41	3.76	2.95
19	1.29	0.765	0.355	0.285	0.24
20	0.12	0.1	0.1	0.1	0.11
21	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-
23	0.24	0.63	0.24	0.05	-
24	0.105	0.045	0.015	0.010	0.035
25	3.43	2.59	1.78	0.6	0.2

ตารางที่ 10 (ต่อ)

	ก.ม.15	ก.ม.18	ก.ม.21	ก.ม.24	ก.ม.27
26	3.835	2.75	1.65	1.625	0.245
27	5.915	5.32	2.885	2.94	1.675
28	3.905	2.71	1.81	1.375	0.665
29	7.54	6.29	5.465	4.72	3.945
30	5.58	3.69	2.645	2.44	1.5
31	7.47	5.315	4.59	3.88	3.055
32	0.66	0.46	0.185	0.42	0.215
33	0.1	-	-	-	-
34	1.65	0.8	0.255	0.1	0.5
35	0.04	-	-	-	-
36	0.04	-	-	-	-
37	4.515	4.08	4.28	2.48	2.225
38	1.125	0.955	1.165	0.89	0.91
39	2.710	2.935	2.325	1.665	1.305
40	4.2	3.13	3.35	2.145	1.385
41	2.175	1.25	0.65	0.32	0.18
42	0.38	0.35	..375	.315	0.3
43	1.45	1.025	0.62	.305	0.215
44	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-
46	0.375	0.95	-	-	-
47	1.130	0.255	1.13	.255	-

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณความเค็มจากน้ำทะเลเฉลี่ยตามแนวถนนพหลโยธินน้ำ, ที่ระดับ
ความลึก 2, 4, 6 และ 8 เมตร จากพื้นดินน้ำจากปากแม่น้ำเจ้าพระยา
เขามาตามลำน้ำ พ.ศ. 2513 - 2516 (หน่วยเป็นกรัมต่อกิโลกรัม %.)

	ผิวน้ำ	-2 เมตร	-4 เมตร	-6 เมตร	-8 เมตร
1	5.490	6.17	5.85	5.825	5.45
2	3.610	3.758	4.035	4.3	4.6
3	3.530	3.97	4.245	4.57	4.98
4	2.985	3.315	3.5	3.685	3.22
5	1.345	1.455	1.695	1.885	2.015
6	0.64	1.025	1.268	1.393	1.635
7	1.085	0.385	0.94	1.02	1.205
8	0.32	0.62	1.25	1.57	1.67
9	0.225	0.375	0.85	2.15	3.55
10	0.115	1.265	2.13	3.75	5.45
11	0.225	1.065	1.8	2.925	4.165
12	0.85	1.38	2.215	2.93	3.98
13	3.015	2.8	2.77	2.595	1.395
14	6.435	7.075	7.35	7.58	7.955
15	5.33	5.625	5.9	6.27	6.355
16	3.96	4.335	4.625	4.66	4.845
17	1.52	1.56	1.825	2.08	3.045
18	4.27	4.325	4.6	4.825	5.045
19	0.955	1.225	1.475	1.725	1.835
20	0.14	0.16	0.19	0.230	0.47
21	0.595	0.46	0.615	1.33	3.23
22	1.0	1.41	2.61	5.26	6.985
23	1.010	1.76	1.98	2.44	2.655
24	0.495	1.235	1.385	2.015	2.275
25	4.165	4.895	5.18	5.915	6.735
26	3.4	3.495	3.755	5.58	4.17

ตารางที่ 11 (ต่อ)

	ผิวน้ำ	-2 เมตร	-4 เมตร	-6 เมตร	-8 เมตร
27	4.92	5.075	5.320	5.435	5.595
28	1.995	1.83	2.14	2.48	2.335
29	3.225	4.08	4.07	4.58	4.895
30	2.405	2.495	2.825	3.31	4.21
31	4.075	4.28	4.53	4.715	5.405
32	0.895	0.985	0.99	1.04	1.12
33	0.85	1.50	2.009	2.958	3.008
34	1.875	2.155	2.475	2.905	3.365
35	0.69	0.765	0.785	0.94	1.205
36	3.795	4.06	3.855	4.245	4.69
37	1.53	1.54	1.555	1.695	1.805
38	4.01	4.01	3.99	4.455	4.455
39	2.165	1.93	2.215	1.92	2.32
40	2.925	2.945	3.325	3.405	3.465
41	1.665	1.89	2.01	2.35	2.155
42	0.32	0.33	0.33	0.335	0.335
43	1.895	1.895	1.955	2.405	2.39
44	0.42	0.52	0.97	1.42	2.23
45	0.69	1.05	1.535	1.305	1.92
46	1.76	2.245	3.675	4.56	5.55
47	5.35	2.875	3.81	4.16	5.56